



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAECIA
ESCOLA AGRÍCOLA DE JUNDIAÍ - EAJ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



**ANÁLISE DE SEMENTES DE *Senna siamea* Lam. POR MEIO DO
PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

JACKSON ARAÚJO SILVA

Macaíba/RN
Janeiro de 2020

JACKSON ARAÚJO SILVA

**ANÁLISE DE SEMENTES DE *Senna siamea* Lam. POR MEIO DO
PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

Defesa de Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Sementes, propagação e fisiologia de espécies florestais).

Orientador:
Prof. Dr. Márcio Dias Pereira

Macaíba/RN
Janeiro de 2020

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Rodolfo Helinski - Escola Agrícola de Jundiá - EAJ

Silva, Jackson Araújo.

Análise de sementes de senna siamea lam. por meio de processamento digital de imagens / Jackson Araújo Silva. - 2020. 43f.: il.

Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Macaíba RN 2020. Orientador: Dr. Márcio Dias Pereira.

1. Germinação - Dissertação. 2. Automação de análise de imagem - Dissertação. 3. Raio X - Dissertação. I. Pereira, Márcio Dias. II. Título.

RN/UF/BSPRH

CDU 631.53.02

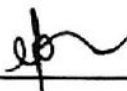
Elaborado por Valéria Maria Lima da Silva - CRB-15/451

**ANÁLISE DE SEMENTES DE *Senna siamea* Lam. POR MEIO DO
PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

Jackson Araújo Silva

Defesa de Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Sementes, propagação e fisiologia de espécies florestais) defendida em 31 de janeiro de 2020.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Márcio Dias Pereira

UAECIA/UFRN

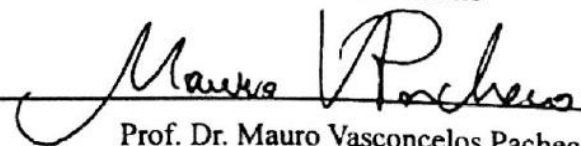
Presidente



Prof.ª Dr.ª Charline Zaratini Alves

UFMS

Examinador externo



Prof. Dr. Mauro Vasconcelos Pacheco

UAECIA/UFRN

Examinador interno

Macaíba/RN

Janeiro de 2020

À minha família e amigos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pelo rumo que tomei, pela saúde e interesse que tenho, que me permitiu seguir e chegar até essa etapa.

À minha família, pela paciência, apoio e confiança nas minhas escolhas.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela formação e pela oportunidade de fazer parte desta instituição de excelência.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade e por todo o aprendizado que me foi passado.

À CAPES, pela contemplação da bolsa, que permitiu subsidiar a manutenção no curso. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador, o professor Dr. Márcio Dias Pereira, pelo apoio, confiança, incentivo, força e puxões de orelhas.

Aos membros da banca, pela participação e pelas contribuições científicas.

Aos amigos, que garimpei durante toda essa jornada e que hoje são parte do meu tesouro, são mais que amigos, são meus irmãos de formação e que vou levar para a vida inteira.

RESUMO GERAL

ANÁLISE DE SEMENTES DE *Senna siamea* Lam. POR MEIO DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

A qualidade de sementes é um dos parâmetros de grande importância dentre os critérios de instalação e estabelecimento de uma espécie. Deste modo, a determinação da qualidade das sementes de forma não destrutiva e rápida, que é o caso do teste de raio X, demonstra ser útil na indústria sementeira, especialmente no processo da tomada de decisão, durante a separação dos lotes. Apesar de eficiente, as ferramentas utilizadas precisam ser aprimoradas para melhorar o processamento dos dados, que fortalecerá a confiabilidade e a repetibilidade dos testes. O objetivo desse estudo foi aplicar uma metodologia morfométrica de alto desempenho, valer-se de ferramentas livres no processamento de imagens radiografadas de *Senna siamea*, relacionando com os parâmetros da qualidade fisiológica das sementes, como também na adequação de metodologias para a análise de plântulas. O experimento foi conduzido utilizando sementes de cinco lotes de *S. siamea*, em que foi utilizado o software ImageJ[®] para as mensurações das sementes e plântulas, correlacionando com os testes tradicionais na avaliação da qualidade fisiológica. Para os testes tradicionais, as sementes foram radiografadas, e em seguida, submetidas ao teste de germinação, obtendo as variáveis relacionadas à sua fisiologia. Os dados foram submetidos à ANOVA e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Posteriormente, os coeficientes de correlação simples de Pearson (r) foram calculados entre as combinações dos testes de avaliação da qualidade fisiológica e física das sementes. Dentre os resultados, observou-se que o raio X em sementes de *S. siamea*, demonstrou eficácia na identificação de danos, mostrando relação com o potencial fisiológico. Além disso, foi possível diferenciar os lotes a partir da análise de plântulas, associando a relação com as imagens das sementes radiografadas.

Palavras-chave: germinação, automação de análise de imagem, raio X.

GENERAL ABSTRACT

ANALYSIS OF *Senna siamea* SEEDS THROUGH DIGITAL IMAGE PROCESSING

Seed quality is one of the parameters of great importance among the criteria of installation and establishment of a species. Thus, the non-destructive and rapid determination of seed quality, such as X-ray, proves to be useful in the seed industry, especially in the decision making process, during batch separation and according to quality. Although efficient, the tools used need to be improved to improve data processing, which will strengthen test reliability and repeatability. The objective of this study was to apply a high performance morphometric methodology, using free tools in the processing of *Senna siamea* radiographic images, thus, relating the parameters of the physiological quality of the seeds, as well as the adequacy of methodologies for the analysis of seedling. The experiment was conducted using seeds from 5 lots of *S. siamea*, where ImageJ® software was used for seed and seedling measurements, correlating with traditional tests and thus evaluating the potential of physiological quality between the tests. For the traditional tests, the seeds were radiographed and then submitted to the germination test, from which the variables related to their physiology were obtained. Data were submitted to ANOVA and when significant, means were compared by Tukey test ($p \leq 0.05$). Subsequently, Pearson's simple correlation coefficients (r) were calculated between combinations of seed physiological and physical quality evaluation tests. Among the results, it was observed that the x-ray in *S. siamea* seeds showed efficacy in the identification of damage, showing relationship with the physiological potential. In addition, it was possible to differentiate the lots from seedling analysis, associating the relationship with the images of the radiographed seeds.

Keywords: germination, image analysis automation, X-ray.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. <i>Senna siamea</i> Lam.	14
2.2. Importância da análise de sementes florestais	15
2.3. Qualidade física de sementes.....	16
2.4. Qualidade fisiológica	17
2.5. Análise de imagem em sementes	18
2.5.1. Análise de imagens de plântulas.....	18
2.5.2. Análise de imagem de raio X	19
LITERATURA CITADA.....	21
3. ARTIGO 1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE <i>Senna siamea</i> Lam. POR MEIO DA ANÁLISE DE RADIOGRAFIAS E IMAGENS DE PLÂNTULAS	26
RESUMO.....	27
ABSTRACT	27
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
CONCLUSÕES	36
AGRADECIMENTOS	36
REFERÊNCIAS	37
ANEXO 1 – Normas do periódico Ciência Florestal – Artigo 1.....	40

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Espécie (A), folha composta (B), vagens (C), sementes (D) e inflorescência (E) da *Senna siamea*. 14

ARTIGO 1

Figura 1. Grau de umidade (%) de cinco lotes de sementes de *Senna siamea*..... 30

Figura 2. Radiografias de sementes de *Senna siamea* com diferentes características. Semente bem-formada (A); semente mal formada (B); semente com dano por predação (C); semente com reduzido desenvolvimento embrionária (D); semente morta (E) e em estágio avançado de deterioração tecidual (F). 32

Figura 3. Correlação de Pearson representada por heatmap entre as variáveis geradas da análise automatizada das radiografias e da avaliação fisiológica..... 35

Figura 4. Gráfico biplot da análise de componentes principais 36

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Valores médios de área, perímetro, largura, altura, circularidade (Circ), densidade relativa (DenR), densidade integrada (DenI), percentual de sementes bem-formadas (SBF) e sementes mal formadas (SMF) gerados a partir de imagens radiográficas obtidas no teste de raios X de cinco lotes de sementes de *Senna siamea*. 31

Tabela 2. Germinação (G), velocidade de germinação (IVG), massa seca de plântulas (MS), índice de vigor de sementes (SVI), velocidade de protrusão de raiz primária (VPRP) de cinco lotes de sementes de *Senna siamea*. 33

Tabela 3. Comprimento de hipocótilo (HL), de raiz primária (RL), de plântula inteira (SL) e índices de crescimento (GI), uniformidade (UI), vigor (VI) e vigor corrigido (IVC) de cinco lotes de sementes de *Senna siamea*. 34

LISTA DE ABREVIATURAS

ISTA – Internacional Seed Testing Association;

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;

RAS – Regras para análise de sementes;

SVIS – Seed Vigor Imaging System.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A *Senna siamea* Lam. é uma espécie vegetal originária da região sudoeste asiática, com utilização que vai desde a alimentação humana até a produção de fármacos (KAMAGATÉ et al., 2014). Dentro das suas utilidades, a *S. siamea* destaca-se como sombreiro em regiões urbanas, na recuperação de áreas degradadas, aliviante em dores abdominais, dor menstrual e também usado para reduzir os níveis de açúcar no sangue (MAJJI et al., 2013). O extrato de suas folhas tem bioatividade como antioxidante, antibacteriano e antidiabético (KAMAGATÉ et al., 2014; POOVENDRAN, RAMANATHAN e PRABHU, 2014). Estudos sobre sua composição química relatam a presença de metanol, etanol e extrato de acetato de etila nas folhas, e também apresentando compostos metabólicos secundários, como os: alcalóides, flavonóides, saponinas, taninos, fenóis e antocianinas (KUMAR, KUMAR e PRAKASH, 2010; USHA e BOPAIAH, 2011).

Para o alto padrão de produção de sementes, se faz necessário levar em conta o potencial da qualidade de sementes, que tem como consequência o desenvolvimento e estabelecimento das plantas em condições de campo, sendo assim, expressando o seu total potencial fisiológico (JAVORSKI et al., 2018). Com relação à qualidade, fala-se na soma dos atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários, que influenciam diretamente a capacidade das sementes originar plântulas com alta capacidade produtiva (MARCOS FILHO, 2016).

Dentro das perspectivas dos agricultores, a utilização de sementes de alta qualidade se faz necessária, para que possa haver garantia durante o estabelecimento da espécie, dessa forma, a produção de sementes com alto desempenho se tornou uma prioridade das empresas, no que se refere à entrega de sementes com alto potencial tecnológico para os produtores, por conseguinte, elevando a capacidade de competitividade no mercado sementeiro (GRASSO et al., 2018).

A comercialização de sementes e mudas de qualidade de espécies florestais é fundamental para garantir um produto final de alto padrão e produtividade. Deste modo, a seleção e a utilização de sementes que possam apresentar melhor desempenho na produção das mudas são de grande importância neste processo. Alguns aspectos têm se destacado na seleção de sementes florestais de qualidade, entre eles, a utilização de teste de raio X e análise de plântulas, que são feitos por meio de métodos manuais e semi-automatizados, a fim de classificar lotes de melhor desempenho a partir da morfologia interna das sementes.

A técnica que utiliza o raio X para visualizar a morfologia interna das sementes é um procedimento simples, não-destrutível e de execução rápida (ABUD et al., 2018), que com tempo de exposição média de cinco segundos e comprimentos de ondas baixos, não apresenta risco de mutação ou alterações no potencial germinativo das sementes (RAHMAN e CHO, 2016).

Em meio às variáveis que podem ser analisadas do resultado das radiografias, se destacam as que são associadas à qualidade física e fisiológica (CICERO et al., 2010). Porém, mesmo que observando as imagens ampliadas, existem possibilidades de erros, decorrente à não automatização desse processo, ficando susceptível as falhas na subjetividade dos analistas durante a interpretação dos dados (ABUD et al., 2018; MEDEIROS et al., 2018). Logo, o surgimento de ferramentas capazes de mensurações de atributos morfométricos de sementes e plântulas de forma automatizadas, refletem no crescimento expressivo para o segmento sementeiro.

Dentre as ferramentas que são capazes de mensuração de dados, o ImageJ[®] se destaca, por seus atributos, sendo um software livre, de caráter comercial, e que tem apresentado resultados positivos na avaliação das imagens obtidas a partir de radiografias de sementes, como também na avaliação de plântulas (DELL'AQUILA, 2007; SILVA et al., 2012). Esse software apesar de não ter sido desenvolvido com a finalidade de análise de sementes, destaca-se por ser um programa aberto e de fácil manuseio, pela sua rapidez e com possibilidade de criação de macros personalizados para o fim desejado (LEGLAND et al., 2017).

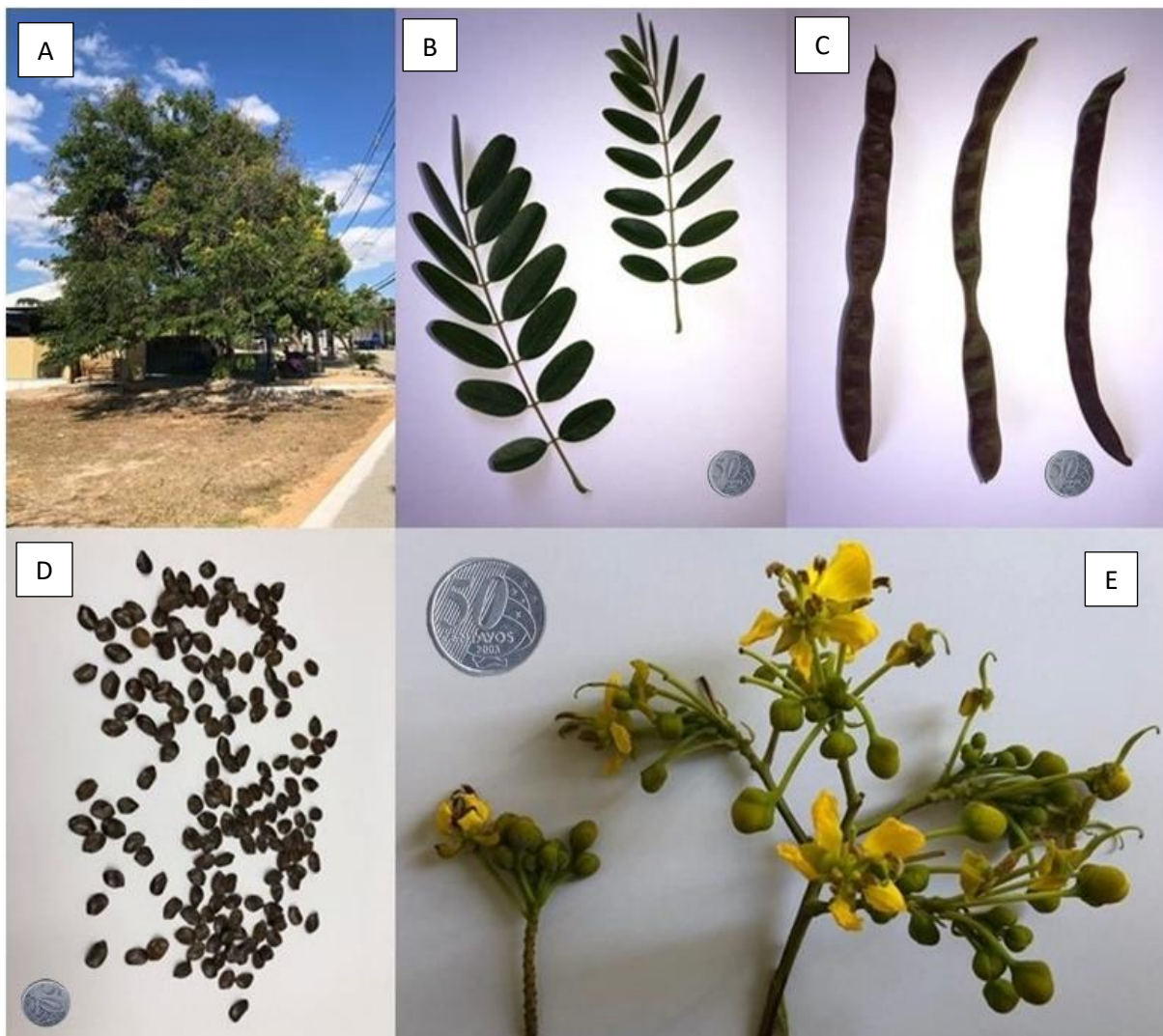
O objetivo deste trabalho foi propor um método morfométrico de alto desempenho, que utilize ferramentas livre no processamento digital de imagens radiografadas de sementes de *Senna siamea*, relacionando os parâmetros da qualidade fisiológica das sementes, como também na adequação de metodologias para a análise de plântulas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Senna siamea* Lam.

A *Senna siamea* Lam. – Fabaceae - é uma espécie arbórea exótica (Figura 1), de origem da Tailândia, conhecida popularmente como cássia-do-sião, a qual se adaptou bem às condições do semiárido nordestino, tendo muitas utilidades, com destaque para a arborização urbana (DUTRA et al., 2007).

Figura 1: Espécie (A), folha composta (B), vagens (C), sementes (D) e inflorescência (E) da *Senna siamea*.



De acordo com Forestry (1994), em regiões áridas, a planta atinge cerca de 5 m de altura, raramente excedendo 20 m e, com 50 cm de diâmetro à altura do peito. Além da sua

utilização na arborização, a mesma tem sido amplamente utilizada para o controle de erosão, quebra-ventos, obtenção de etanol celulósico a partir de sua biomassa (MUND et al., 2016), lenha e madeira para poste (JENSEN, 1995).

Suas sementes são achatadas, oblongo-ovaladas, com comprimento de 6,18 a 9,65 mm; largura de 4,21 a 6,42 mm; espessura de 0,51 a 1,36 mm; peso de 1000 sementes g^{-1} de 25,40 e 254,375 sementes kg^{-1} . Apresentam tegumento brilhante com endosperma gomoso (DUTRA et al. 2007). Suas folhas, vagem e casca apresentam substâncias e nutrientes que são exploradas para fins medicinais e alimentícios (HASSAN et al., 2015).

A composição química da *S. siamea* é diversificada. Entre os compostos já conhecidos, tem-se polióis, alcaloides, flavonoides, esteroides, estilbenos e triterpenos, sendo que antraquinonas e cromenos nas formas livres e glicosiladas são relatados com maior frequência (MACEDO et al., 2016).

Como para todas as espécies, o uso eficiente de espécies florestais depende da produção de mudas saudáveis, e com alto estabelecimento em campo, o que vai depender indubitavelmente da qualidade dos lotes utilizados (SILVA et al., 2018). Em espécies florestais, o comprometimento da qualidade das sementes pode ser por múltiplos fatores, como a deficiência na formação do embrião, na ocorrência de predação, sementes vazias, e incidência de fungos (GOMES et al., 2014). Além da própria deterioração, que é um processo natural da semente que acontece mesmo estando armazenadas em condições favoráveis, assim retardando esse processo (SILVA et al., 2014). Deste modo, a utilização de sementes de alta qualidade é de extrema importância na formação de mudas com alto desempenho.

2.2. Importância da análise de sementes florestais

Conhecendo-se a classificação quando ao vigor das sementes, a realização de diversos testes para avaliação da qualidade se faz necessária, pois os resultados podem expressar diferentes respostas, tanto em campo, como em laboratório. A germinação, que é um teste de viabilidade, proporciona a expressão máxima das sementes no que se refere ao potencial germinativo, pois lhe são dadas condições controladas e padronizadas (MARCOS FILHO, 2015). Já os testes de vigor são considerados como dados complementares.

Durante a realização dos testes de vigor, é possível observar lotes de sementes mais vigorosos, que conseqüentemente apresentam melhor desempenho inicial das plântulas proporcionando rápida emergência e melhor uniformidade dentro de áreas que sofrem com as variações ambientais (MARCOS FILHO, 2015). O emprego de testes de vigor

proporciona resultados mais sensíveis para identificar diferentes estágios de deterioração das sementes, promovendo a classificação do lote e seu destino, auxiliando a produção de lotes com maior qualidade fisiológica, tornando o mercado de sementes florestais mais padronizado de acordo com as normas de comercialização. Dentre os entraves dos testes de vigor, tem-se o tempo que é necessário para o seu desenvolvimento e a subjetividade durante a avaliação dos testes, considerados limitantes (PINTO et al., 2015).

O processo de análise da deterioração de lotes de sementes é feito através de testes de vigor e mostrando como importante elemento durante a avaliação da qualidade fisiológica. Um dos desafios nas pesquisas que envolve tecnologia de sementes está na padronização dos testes de vigor para espécies florestais, que permite identificar a deterioração, no que sucede a queda da capacidade germinativa das sementes. Dentre a problemática da deterioração, um dos resultados é o dano dos mecanismos energéticos e dos sistemas de membranas (MARCOS FILHO, 2005). Assim, o desenvolvimento de novos testes de vigor buscam identificar variações nos resultados que o teste germinação não fornece. Os testes de vigor mais usados são o teste a frio, condutividade elétrica, tetrazólio, crescimento de plântulas, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e o tempo médio de germinação.

As sementes de espécies florestais ainda não apresentam padronização para os procedimentos para o teste de germinação e vigor pelas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), utilizando como fonte para o ramo silvicultural, as Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013), ambas publicações normatizam as indicações de metodologias para os testes. Essas recomendações oferecem condições consideradas ideais aos testes, para determinar a qualidade fisiológica de sementes.

2.3. Qualidade física

O Brasil se sobressai nos aspectos de produção e consumo de sementes de alto desempenho (CARDOSO et al., 2014). Entretanto, nem todas as sementes florestais apresentam qualidades físicas e fisiológicas adequadas, quando comparadas às culturas agrícolas (TOMAZ et al., 2010). O resultado disso é a baixa qualidade, que pode ser atribuída, dentre outros fatores, à desuniformidade do ponto de maturidade fisiológica na época da colheita (MASCHIETTO et al., 2003; NERY et al., 2009; HESSEL et al., 2012).

No processo de produção de mudas, um dos principais meios de multiplicação é pela propagação por sementes. Desta forma, o desempenho na produção das mudas, depende de

alguns fatores, dentre os principais, destaca-se a qualidade física das sementes que serão comercializadas (REGO et al., 2009). No entanto, o que acontece de forma rotineira, segundo Dal Col Lúcio et al. (2006) é que, durante o processo de aquisição de sementes de espécies florestais, não há uma garantia da qualidade dos lotes.

Os atributos físicos e fisiológicos de um determinado lote de sementes podem ser verificados por diversos testes, seguindo normas estabelecidas e padronizadas nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). No Brasil, esses critérios são determinados e inspecionados pelo Ministério da Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Os principais testes para avaliar os atributos físicos das sementes são: pureza física, umidade, peso do hectolitro, aparência e peso de 1.000 sementes. Os testes para avaliar a qualidade fisiológica buscam determinar atividades específicas cujas manifestações dependem do vigor (MARCOS FILHO et al., 2009). O teste de germinação conduzido sob condições ambientais ótimas é um deles, e expressa o potencial máximo de sementes germinadas (BRASIL, 2009). No entanto, este teste isolado muitas vezes não informa a real qualidade fisiológica da semente, pois esta pode germinar e não apresentar potencial para emergir (HÖFS et al., 2004). Além disso, devido às limitações do teste de germinação, especialmente em relação à menor sensibilidade à diferenciação de lotes, também é necessário o uso de testes de vigor. Esses testes buscam respostas complementares àquelas fornecidas pelo teste de germinação com informações consistentes (OHLSON et al., 2010).

2.4. Qualidade fisiológica

O sucesso de qualquer empreendimento agrário baseado na exploração comercial de cultivos vegetais requer a utilização de sementes de alta qualidade, com potencial para produção de plântulas vigorosas de maneira uniforme e no menor tempo possível (ROCHA et al., 2017). A produção de sementes de alta qualidade dependerá do somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários (SANTOS et al., 2016).

Os danos externos provocados nas sementes podem afetar a qualidade fisiológica logo após sua ocorrência, diferentes dos mais internos que geralmente ocorrem em condição de alto teor de água e se manifesta após certo período de armazenamento (dano latente). Perdas quantitativas na produção de sementes são importantes, porém, maior atenção deve ser reservada à qualidade, pois as sementes poderão não atingir os padrões para comercialização (SILVA et al., 2013).

Dentre os danos, a força de impacto transmitida sobre as sementes é maior quando estas apresentam elevados teores de água (MARQUES et al., 2012). Quando a colheita é

conduzida com teor de água abaixo da indicada, as sementes se soltam mais facilmente da estrutura interna, porém, estão mais suscetíveis a danos mecânicos mais externamente (LOUREIRO et al., 2012).

2.5. Análise de imagens em sementes

A análise computadorizada de imagens em sementes tem se destacado como uma técnica potencial para a avaliação da qualidade de sementes, principalmente devido à associação da morfologia das sementes ao seu desempenho, mediante o uso de programas que permitem determinar segmentos das sementes e estabelecer relações com o potencial fisiológico (VARMA et al., 2013). Como exemplo, o processamento digital de imagens é composto por diversas etapas, sendo as principais: aquisição da imagem, pré-processamento da imagem, segmentação, representação, descrição, reconhecimento e a interpretação (MARUYAMA et al., 2015).

A aquisição é o processo de obtenção da imagem por meio de um sensor de imageamento capaz de digitalizar o sinal produzido. O pré-processamento da imagem consiste em melhorar a qualidade da imagem com o intuito de facilitar a aplicação das etapas subsequentes.

A segmentação pode ser definida como o processo pelo qual a imagem de entrada é dividida em segmentos ou objetos constituintes. A representação é o modo adequado de representar os dados para um posterior processamento. A descrição, também conhecida como seleção de características, procura extrair características básicas (descritores) que diferenciem as classes de objetos. O reconhecimento é o processo que atribui um rótulo a um objeto, de acordo com a informação fornecida pelo respectivo descritor. Finalmente, a interpretação consiste na definição de significado a um conjunto de entidades rotuladas (GONZALEZ; WOODS, 2008).

2.5.1. Análise de imagens de plântulas

Alguns estudos envolvendo a análise de imagens em tecnologia de sementes, visando estabelecer sua relação com o vigor, tem demonstrado bons resultados, como por exemplo em couve-flor (*Brassica oleracea var. botrytis*). Sako et al. (2001) desenvolveram um programa destinado à determinação do vigor de sementes de alface (*Lactuca sativa*), mediante a análise computadorizada de imagens, que foi adaptado com sucesso para outras espécies. Marcos Filho et al., (2006), comentaram que uma das barreiras é o processo de

adaptação da técnica, já que essa é a maior dificuldade encontrada e é a que pode determinar padrões das análises.

A avaliação de imagens de plântulas é uma ferramenta desenvolvida e utilizada para complementar a informação fornecida pelo teste de germinação (MARCOS FILHO, 2015). Sako et al. (2001), que desenvolveu um sistema informatizado de análise de imagens (*Seed Vigor Imaging System - SVIS[®]*) para determinar a intensidade, velocidade e uniformidade do desenvolvimento de mudas. A técnica é baseada na captura de imagens digitais de plântula com três a quatro dias de idade e processá-las em um computador. Isso gera valores relativos a um índice de vigor (valores de 0 a 1000), uniformidade do índice de desenvolvimento (0 a 1000) e comprimento de plântulas.

A metodologia do SVIS[®] tem sido amplamente usada em laboratórios e empresas de sementes nos Estados Unidos da América, e os resultados mostraram que o procedimento é promissor para avaliação do vigor de sementes de várias espécies (MARCOS FILHO, 2013; CALDEIRA et al., 2014).

Dentre as ferramentas de mensuração de dimensões, tem-se o ImageJ[®], que entre suas funcionalidades, é capaz de analisar parâmetros ligados as sementes, como área, largura, comprimento, densidade, entre outros descritores. Esse software também é capaz de fazer mensurações de plântulas, obtendo comprimento do hipocótilo, radícula e comprimento total. A partir desses dados, com auxílio de alguns macros, é possível analisar os parâmetros de uniformidade, crescimento, vigor e vigor corrigido, que são mais sensíveis, possibilitando a diferenciação de lotes (MEDEIROS et al., 2018).

2.5.2. Análise de imagem de raio X

A avaliação da morfologia interna das sementes pode aumentar a identificação de problemas associados ao seu potencial fisiológico, servindo tanto como apoio aos programas de controle de qualidade, como para elucidação de dúvidas sobre a anormalidade de plântulas ou a presença de sementes não germinadas (LIMA et al., 2013).

Entretanto, o princípio do teste de raios X baseia-se na obtenção de imagens por meio de ondas eletromagnéticas que atravessam as sementes. Os feixes de raios X permitem a formação de uma imagem permanente sobre um filme, podendo a mesma ser mais clara nas regiões que os raios não atravessam e mais escuras nas regiões menos densas de acordo com o preenchimento das sementes (FERNANDES et al., 2016).

A análise de sementes através das imagens radiográficas é uma alternativa relativamente recente para classificar os diversos aspectos das sementes. Neste sentido a

captura e o processamento da imagem radiografada, tem permitido o estabelecimento de relações entre integridade, morfologia e determinação do potencial fisiológico das sementes (MARCUS FILHO et al., 2010).

O uso da radiografia por meio de raios X para avaliação da qualidade física das sementes é indicado pela *Internacional Seed Testing Association* - ISTA (2018), que o considera um método rápido e não destrutivo, prescrevendo-o com a finalidade básica de detectar e analisar as estruturas internas das sementes, permitindo a visualização de sementes cheias, vazias, mal formadas, com danos mecânicos ou ataque de insetos e fungos, e em alguns casos, possibilitando a detecção de anormalidades no embrião, além do seu estágio de desenvolvimento (SIMAK et al., 1989). Nessa circunstância, sementes da amostra destinada ao teste de germinação são previamente radiografadas e classificadas, de acordo com o perfil morfológico visualizado.

Entre as vantagens deste teste para inferir o grau de maturação de sementes, pode-se destacar que é uma técnica simples e facilmente reproduzível que não é influenciada pelo ambiente. Além disso, as imagens obtidas podem ser catalogadas, arquivadas e usadas posteriormente para definir não-subjetivo, padronizado e, portanto, mais critérios de avaliação precisos do que aqueles baseados em métodos tradicionais (MENEZES et al., 2005).

Segundo Gomes Junior et al. (2012), métodos não destrutivos são desejáveis para uma avaliação precisa da morfologia interna das sementes. Assim, a técnica de raios-X tem permitido relacionar a morfologia de sementes com a germinação ou morfologia das plântulas de diversas espécies agrícolas e florestais (GAGLIARDI e MARCOS FILHO, 2011), identificando injúrias por umidade e ataque de percevejo em sementes de soja (PINTO et al., 2009) e de utilização de técnicas na avaliação de sementes por imagem de feijão (FORTI et al., 2008), além de injúrias mecânicas em sementes de milho (CICERO e BANZATTO JUNIOR, 2003).

Essa técnica foi inicialmente utilizada por Simak e Gustafsson (1953), na avaliação da qualidade de sementes de *Pinus sylvestris* L., por apresentar a vantagem de não alterar a viabilidade das sementes (SIMAK et al., 1989), permitindo que as mesmas fossem semeadas para comparação com o teste de germinação, possibilitando relacionar a plântula em relação à imagem radiográfica.

LITERATURA CITADA

Abud, H. F.; Cicero, S. M.; Gomes Junior, F. G. Radiographic images and relationship of the internal morphology and physiological potential of broccoli seeds. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.40, p.1-9. 2018. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34950>.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes, 2009. 399p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instruções para análise de sementes de espécies florestais. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. MAPA/ACS, 2013. 98p.

Cardoso, E.D.; Sa, M.E.D.; Haga, K.I.; Binotti, S.; Nogueira, D.C.; Valério filho, W.V. Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.1, p.21-38, 2014.

Cicero, S.M.; Banzatto junior, H.L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.25, n.1, p.29-36, 2003.

Cicero, S. M. Aplicação de imagens radiográficas no controle de qualidade de sementes. *Informativo ABRATES*, v.20, n.3, p.48-51. 2010.

Corrêa, P.C.; Ribeiro, D.M.; Resende, O.; Botelho, F.M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.665-670, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300019>.

Dell'Aquila, A. Pepper seed germination assessed by combined X-radiography and computer-aided imaging analysis. *Biologia Plantarum*, v.51, p.777-781. 2007. <https://doi.org/10.1007/s10535-007-0159-9>.

Dos santos, M.P.; Vale, L.S.R.; Reges, N.P.R.; Carvalho, B.M. Desempenho de sementes de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na microregião de ceres-go. *Global Science and Technology*, v.8, n.3, p.41-49 2016.

Dutra, A.S.; Medeiros filho, S.; Diniz, F.O. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.3, p.280-285, 2007.

Dal col lúcio, A.; Fortes, F.O.; Storck, L.; Cargnelutti filho, A. Abordagem multivariada em análise de sementes de espécies florestais exóticas. *Cerne*, v.12, n.1, p.27-37, 2006.

Fernandes, J.S., Da silva, D.F., Dos santos, H.O.; Von pinho, É.V.D.R. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes 1 de frutos de fisális em diferentes estádios de desenvolvimento. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.15, n.2, p.165-168, 2016.

Figueiredo, A.S.T.; Resende, J.T.V.; Morales, R.G.F.; Meert, L.; Rizzardi, D.A. Influência da umidade de grãos de trigo sobre as perdas qualitativas e quantitativas durante a colheita mecanizada. *Ambiência*. v.9, n.1, p. 349-357, 2013.

FORESTRY/FUELWOOD RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECT. Growing multipurpose trees on small farms, 2nd. ed., Module 9: Species Fact Sheets, Bangkok: Winrock International, 1994 127 p. Disponível em: http://food-security.info/food-security.info/Winrock%20Archive/s_siamea.html. Acesso em: 20 novembro. 2019.

Gagliardi, B; Marcos filho, J. Relationship between germination and bell pepper seed structure assessed by the X-ray test. *Scientia Agrícola*, v.68, n.4, p.411-416, 2011.

Grasso, R.; Gulino, M.; Giuffrida, F.; Agnello, M.; Musumeci, F.; Scordino, A. Non-destructive evaluation of watermelon seeds germination by using Delayed Luminescence. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v.187, p.126–130, 2018. <https://doi.org/10.1016/J.JPHOTOBIO.2018.08.012>.

Gonzalez, R.C.; Woods R.E. *Digital Image Processing*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall. v.3, 2008.

Gomes Junior, F.G.; Yagushi, J.T.; Belini, U.L.; Cicero, S.M.; Tomazello filho, M. X-ray densitometry to assess internal seed morphology and quality. *Seed Science and Technology*, v.40, n.1, p.102-107, 2012.

Gomes, K.B.P.; Martins, R.D.C.C.; Martins, I.S.; Junior, F.G.G. Avaliação da morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea* (Combretaceae) pelo teste de raios X. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, n.4, p.752-759, 2014.

Hassan, I.A.; Nasiru, I.A.; Malut, A.M.; abdukkadir, I.S.; Ali, A.S. Estudos fitoquímicos e cromatografia em camada delgada de folhas e extratos florais de *Senna siamea* Lam. para possíveis aplicações biomédicas. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, v.7, n.3, p.18-26, 2015.

Hessel, C.L.E.; Villela, F.A.; Aumonde, T.Z.; Pedó, T. Mesa densimétrica e qualidade fisiológica de sementes de brachiária. *Informativo ABRATES*, v.22, n.3, p.73-76, 2012.

Höfs, A.; Schuch, L.O.B.; Peske, S.T.; Barros, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v.26, n.1, p.92-97, 2004.

Internacional Seed Testing Association (ISTA). *International Rules for seed Testing*. Seed Science and Technology, Zurich, v.24, 2018. 336p.

Javorski, M.; Otte, D.; Castan, C.; Santanna, S.; Gomes-junior, F. G.; Cicero, S. M. Image analysis to evaluate the physiological potential and morphology of pearl millet seeds. *Journal of Seed Science*, v.40, p.127-134. 2018. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n2176904>.

Jensen, M. *Trees commonly cultivated in Southeast Asia: an illustrated field guide*. Bangkok: FAO, RAP Publication:1995/38. 1995. p. 93

Kumar, S.; Kumar, V.; Prakash, O.M. Antidiabetic and antilipemic effects of *Cassia siamea* leaves extract in streptozotocin induced diabetic rats, *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, v.3, n.11, p.871-873, 2010 <https://doi.org/10.1016/S1995764560209>.

Lima, L.K.; Santos, C.C.; Dutra, A.S.; De lima barros, G. Utilização de técnicas na avaliação de sementes por imagem. *Acsa*, v.20, n.3, p.1-6, 2013.

Legland, D.; El-Hage, F.; Méchin, V.; Reymond, M. Histological quantification of maize stem sections from FASGA-stained images. *Plant Methods*, v.13, p.1–11. 2017. <https://doi.org/10.1186/s13007-017-0225-z>.

Lopes, J.C.; Martins filho, S.; Tagliaferri, C.; Rangel, O.J.P. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. *Revista Brasileira de Sementes*, v.24, n.1, p.51-58, 2002.

Loureiro, D.R.; Fernandes, H.C.; Teixeira, M.M.; Leite, D.M.; Fernandes, L.S. Perdas germinativas na colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamentos reduzido e convencional. *Semina*, v.33, n.4, p.1351-1358, 2012.

Majji, L.N.; Battu, G.R.; Jangiti, R.K.; Rao, M. Talluri, Evaluation of In Vitro Antibacterial Activity of *Cassia siamealeaves*, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, v.5, n.3, p.263-265, 2013.

Maruyama, T.M.; Ribeiro, S.S.; Guimarães, A.M. Estudo Comparativo de Opções de Software de Processamento Digital de Imagens para Análise de Sementes. *Anais SULCOMP*, v.7, 2015.

Marques, O.J.; Dalpasquale, V.A.; Filho, P.S.V.; Scapim, C.A.; Reche, D.L. Danos mecânicos em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. *Semina*, v.32, n.2, p.565-576, 2012.

Macedo, E.M.; Alan, J.G.; Silva, M.G.V. Quimiodiversidade e propriedades biofarmacológicas de espécies de senna nativas do nordeste do Brasil. *Revista Virtual de Química*, v.8, n.1, p.169-195, 2016.

Marcos Filho, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2005. Piracicaba: Fealq.p.291-352.

Marcos Filho, J.; Kikuti, A.L.P.; Lima, L.B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, p.102-112. 2006.

Marcos Filho, J.; Kikuti, A.L.P.; Lima, L.B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.1, p.102-112, 2009.

Marcus Filho, J.; Gomes junior, F.G.; Bennett, M.A.; Wells, A.; Stieve, S. Using tomato analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.2, p.146-153, 2010.

Marcos Filho, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Abrates. 659p. 2015.

Marcos Filho, J. Seed Physiology of Cultivated Plants. Abrates. 616p. 2016.

Maschietto, R.W.; Novembre, A.D.L.C.; Silva, W.R. Métodos de colheita e qualidade das sementes de capim colonião cultivar Mombaça. *Bragantia*, v.62, n.2, p.291-296, 2003.

Medeiros, A.D.; Silva, J.A.; Pereira, M.D. Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v.3, n.3, p.1-12, 2018.

Medeiros, A. D. de; Araújo, J. de O.; Zavala-León, M. J.; Silva, L. J.; Dias, D. C. F. dos S. Parameters based on x-ray images to assess the physical and physiological quality of *Leucaena leucocephala* seeds. *Ciência e Agrotecnologia*, v.42, n.6, p.1-10. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018426023318>

Menezes, N.L.; Cícero S.M.; Villela F.A. Identificação de fissuras em sementes de arroz após a secagem artificial, por meio de raios X. *Ciência Rural*, v.35, n.5, p.1194-1196, 2005. doi.org/10.1590/S0103-84782005000500033.

Mund, N.K.; Dash, D.; Barik, C.R.; Goud, V.V.; Sahoo, L.; Mishra, P.; Nayaka, N.R. Composição química, pré-tratamentos e sacarificação de *Senna siamea* (Lam.) HS Irwin e Barneby: Leguminosa arbórea produtora de biomassa. *Bioresource Technology*, v.207, p.205-212, 2016.

Nery, M.C.; De carvalho, M.L.M.; Oliveira, J.A.; Kataoka, V.Y. Beneficiamento de sementes de nabo forrageiro. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.4, p.36- 42, 2009.

Ohlson, O.D.C.; Krzyzanowski, F.C.; Caieiro, J.T.; Panobianco, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. *Embrapa Soja*, v.32, n.4, p.118-124, 2010

Parveen, S.; Shahzad, A.; Saema, S. In vitro plant regeneration system for *Cassia siamea* Lam., a leguminous tree of economic importance. *Agroforestry systems*, v.80, n.1, p.109-116, 2010.

Pinto, T.L.F.; Cicero, S.M.; França neto, J.B.; Forti, V.A. An assessment of mechanical and stink bug damage in soybean seed using X-ray analysis test. *Seed Science and Technology*, v.37, n.1, p.110-120, 2009.

Pinto, C.A.G.; Carvalho, M.L.M.; Andrade, D.B.; Leite, E.R.; Chalfouns, I. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. *Revista Ciência Agronômica*, v.46, n.2, p.319-328, 2015.

Poovendran, P.; Ramanathan, N.; Prabhu, N.; Evaluation of the Antibacterial Activity of *Aegle marmelos* and *Cassia siamea* Extracts Against Biofilm and Extended Spectrum - Lactamase Producing Uropathogenic *Escherichia coli*, *International Journal of Microbiological Research*, v.5, n.3, p.217-221, 2014. <http://dx.doi.org/10.5829/idosi.ijmr.2014.5.3.9138>.

Rahman, A.; Cho, B. K. Assessment of seed quality using non-destructive measurement techniques: a review. *Seed Science Research*, v.26, p.285–305. 2016. <https://doi.org/10.1017/S0960258516000234>.

Rego, S.S.; Nogueira, A.C.; Kuniyoshi, Y.S.; Santos, A.F. Germinação de sementes de *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg. em diferentes substratos e condições de temperaturas, luz e umidade. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.2, p.212-220, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000200025>.

Rocha, G.C.; Neto, A.R.; Cruz, S.J.S.; Campos, G.W.B.; De Oliveira Castro, A.C.; Simon, G.A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas-Physiological quality of treated and stored soybean seeds. *Científic@- Multidisciplinary Journal*, v.4, n.1, p.50-65, 2017.

Sako, Y.; McDonald, M.B.; Fujimura, K.; Evans, A.F.; Bennett, M.A. A system for automated seed vigour assessment. *Seed Science and Technology*, v.29, n.3, p.625-636, 2001.

Silva, B.E.C.; Pimenta, P.C.B.; Jolomba, M.R.; Luiz, P.H.D.; Poloni, C.M.M. Avaliação da germinação de sementes de ipê amarelo (*Handroanthus chrysotricha*) em diferentes substratos. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v.4, n.3, p.334-337, 2018.

Silva, P.P.; Freitas, R.A.; Cícero, S.M.; Marcos-filho, J.; Nascimento, W.M. Análise de imagens no estudo morfológico e fisiológico de sementes de abóbora. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.2, p.210-214. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200016>.

Silva, C.B.; Lopes, M.M.; Marcos-filho, J.; Vieira, R.D. Automated system of seedling image analysis and electrical conductivity to assess sun hemp seed vigor. *Revista Brasileira de Sementes*, v.34, n.1, p.55-60, 2013.

Silva, V. N.; Cicero, S. M.; Bennett, M. Relationship between eggplant seed morphology and germination. *Revista Brasileira de Sementes*, v.34, n.4, p.597-604. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000400010>.

Simak, M.; Gustafsson, Å. X-ray photography and sensitivity in Forest tree species. *Hereditas*, v.39, p.458-468, 1953.

Simak, M.; Bergsten, U.; Henriksson, G. Evaluation of ungerminated seeds at the end of germination test by radiography. *Seed Science and Technology*, v.17, n.2, p.361-29 369, 1989.

Tomaz, C.D.A.; Martins, C.C.; Carvalho, L.R.D.; Nakagawa, J. Duração do teste de germinação do capim-tanzânia. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.4, p.80-87, 2010.

Usha, V.; Bopaiah, A.K.; Preliminary phyto - chemical evaluation of the leaf extract of five Cassia Species, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, v3, n.5, p.574-583, 2011.

Varma V.S.; Durga K.K.; Keshavulu K. Seed image analysis: its applications in seed science research. *International Research Journal of Agricultural Sciences*. v.2, p.30-36, 2013.

ARTIGO 1

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Senna siamea* Lam. POR MEIO DA ANÁLISE DE RADIOGRAFIAS E IMAGENS DE PLÂNTULAS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Senna siamea* Lam. POR MEIO DA ANÁLISE DE RADIOGRAFIAS E IMAGENS DE PLÂNTULAS

Resumo

O aperfeiçoamento dos testes que determinam a qualidade das sementes e a possibilidade de inclusão de avaliações não destrutivas representam enorme avanço para o setor sementeiro. Dentre essas avaliações, destacam-se o teste de raios X de sementes e a análise de imagens de plântulas, ainda pouco utilizados na determinação da qualidade de sementes florestais. Assim, o objetivo deste trabalho foi aplicar uma metodologia de análise automatizada de imagens radiográficas de sementes e o processamento digital de plântulas, relacionando as variáveis obtidas com aquelas fornecidas pela caracterização da qualidade fisiológica de sementes de *Senna siamea*. Imagens radiográficas das sementes de cinco lotes foram obtidas e a partir delas foram gerados descritores morfológicos e de integridade tecidual de cada semente. Após o teste de raio X, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e crescimento de plântulas, dos quais se extraíram variáveis relacionadas à qualidade fisiológica. A partir do teste de germinação, também se procedeu a aquisição de imagens de plântulas, que assim como as de raios X, também foram processadas por meio do software ImageJ[®], obtendo-se os comprimentos da plântula inteira, parte aérea e radicular, utilizados para o cálculo dos índices de crescimento, uniformidade, vigor e vigor corrigido. Dessa forma, o uso de técnicas de análise de radiografias de sementes e de imagens de plântulas foram eficientes para caracterizar os aspectos físicos e fisiológicos em sementes de *S. siamea*.

Palavras-chave: Radiografia; Vigor; Automação; Germinação

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Senna siamea* Lam. SEEDS THROUGH THE ANALYSIS OF RADIOGRAPHS AND IMAGE OF SEEDLINGS

Abstract

The improvement of the tests that determine the quality of the seeds and the possibility of including non-destructive evaluations represent a significant advance for the seed sector. Among these evaluations, we highlight the seed X-ray test and the analysis of seedling images, still little used in the determination of the quality of forest seeds. Thus, the objective of this work was to apply a methodology of automated analysis of seed radiographic images and digital seedling processing, relating the variables obtained by these methods to those provided by the characterization of the physiological quality of *Senna siamea* Lam seeds by traditional methods. For this, five seed lots were used. Radiographic images of the seeds were obtained, from which the area, perimeter, width, height, circularity, relative density and integrated density were obtained, as well as the percentage of well-formed and poorly formed seeds. After the X-ray test, the seeds were submitted to germination and seedling growth test, from which variables related to physiological quality were extracted. From the germination test, images of seedlings were also acquired, as well as X-rays were also processed using the ImageJ[®] software, obtaining the whole seedlings, aerial and root lengths, used for the calculation of growth rates, uniformity, vigour and corrected vigour. Thus, the use of seed radiography and seedling imaging techniques were efficient to characterize the physical and physiological aspects of *S. siamea* seeds.

Keywords: Radiography; vigor; automation; germination

Introdução

Árvore de origem asiática, a *Senna siamea* Lam. é bastante adaptada às regiões de clima semiárido, tendo muitas potencialidades, com destaque para a arborização urbana (DUTRA *et al.*, 2007). Pode ainda ser utilizada para fins medicinais e alimentícios (HASSAN *et al.*, 2015), na obtenção de etanol celulósico (MUND *et al.*, 2016) e em programas de reflorestamento e repovoamento florestal (PARVEEN *et al.*, 2010).

A utilização eficiente de espécies florestais como a *S. siamea* depende da produção de mudas arbóreas sadias e com potencial de estabelecimento no campo, o que depende inicialmente da qualidade das sementes utilizadas (SILVA *et al.*, 2018). Em espécies florestais, a qualidade das sementes pode ser comprometida por diversos fatores, como a ocorrência de predação, sementes vazias, deficiência na formação do embrião (GOMES *et al.*, 2014), além da própria deterioração decorrente de atrasos na colheita (SILVA *et al.*, 2014). Portanto, para garantir o sucesso da utilização dessas sementes é imprescindível que se identifiquem aspectos de qualidade relacionados ao seu potencial fisiológico.

A caracterização do potencial fisiológico das sementes é geralmente obtida por meio do teste de germinação, que é o procedimento oficial para determinação da capacidade das sementes produzirem plântulas normais em condições de laboratório (BRASIL, 2013). Para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação, empresas produtoras de sementes usam os testes de vigor, que permitem predizer o desempenho

das sementes no campo (LIMA JUNIOR *et al.*, 2011; MARCOS FILHO, 2015). No entanto, o teste de germinação e os testes de vigor são geralmente métodos de análise destrutivos, em geral, demorados e que dependem da inspeção manual e visual de um analista, podendo gerar resultados inconsistentes ou subjetivos.

Com o intuito de reduzir as desvantagens e limitações dos testes tradicionais de análise da qualidade das sementes, tem-se procurado associar a essas análises, novas tecnologias que utilizam a inteligência artificial, como o processamento digital de imagens, demonstrando grande potencial para atuar de forma conjunta com as análises tradicionais de sementes, orientando a observação humana a partir da percepção e da precisão das máquinas (GONZALEZ e WOODS, 2010). Desta forma, o processo de automação das análises das sementes, de imagens de raios X ou de plântulas geradas a partir dessas sementes, pode proporcionar avanços significativos, não apenas na padronização de metodologia, possibilitando o aumento da agilidade das análises, mas também na obtenção de resultados com alto nível de confiabilidade e repetitividade (GUEDES *et al.*, 2015).

O método de análise que usa a técnica de raios X para a avaliação da qualidade de sementes, permite a visualização da ocorrência de sementes malformadas e vazias, ou que possuam danos mecânicos e causados por insetos, os quais apresentam potencial de influenciar negativamente os resultados de germinação. A análise de raios X é considerada um procedimento rápido e não destrutivo padronizado pelas Regras Internacionais de Análise de Sementes [*International Rules for Seed Analysis*] (ISTA, 2004) e descrito nas Regras Brasileiras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) para algumas espécies. No entanto, considerando a grande diversidade e características das espécies florestais, ainda são escassos os resultados de pesquisa que aplicam esta técnica na avaliação da qualidade desse grupo de sementes.

Em relação ao uso de imagens digitalizadas de plântulas, como método complementar da análise de sementes, este permite a diferenciação entre lotes com diferentes níveis de vigor, de forma rápida e precisa (LEÃO-ARAÚJO *et al.*, 2017; MEDEIROS e PEREIRA, 2018). Estudos promissores da aplicação do processamento digital de imagens tem apresentado resultados desta técnica como método complementar na determinação da qualidade fisiológica de sementes de diferentes espécies cultivadas, como *Triticum aestivum* (BRUNES *et al.*, 2016), *Glycine max* (MEDEIROS *et al.*, 2018) e *Zea mays* (CASTAN *et al.*, 2018). No entanto, também não se encontram muitas pesquisas aplicadas às sementes de espécies florestais. O objetivo deste trabalho foi verificar se a metodologia relacionada com as variáveis de caracterização inicial é eficiente na avaliação da qualidade física das sementes e na separação de lotes com qualidade fisiológica distintas em sementes e plântulas de *S. siamea*.

Material e métodos

Local e material vegetal

Foram utilizados cinco lotes de sementes de *Senna siamea* Lam. coletadas de frutos maduros, da região mediana da copa de árvores matrizes localizadas na região metropolitana de Natal, RN (5°49'12"S e 35°11'16"W, altitude de 70 m), situado na região Nordeste do Brasil. O conjunto de sementes obtido de cada matriz, foi denominado lote. Para esta pesquisa foi realizada a amostragem dentro de cada lote e 250 sementes foram selecionadas para as subseqüentes análises.

Análises físicas

Determinação de grau de umidade

As sementes dos seus respectivos lotes foram submetidas, inicialmente, à determinação do grau de umidade pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, com base nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Para esse fim, foram utilizadas duas repetições com peso de 4,5 g de sementes para cada lote. Os resultados foram expressos em percentagem (base úmida).

Imageamento e processamento das radiografias

Para a obtenção das imagens das radiografias, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de cada lote. As sementes inicialmente foram fixadas sobre papel de transparência contendo fita adesiva de dupla face para possibilitar posterior identificação individual nas análises subseqüentes. Em seguida, as sementes foram submetidas à radiação eletromagnética de raios X por cinco segundos, sob uma tensão de 27 kV e uma distância focal de 27,8 cm em equipamento Faxiton, modelo MX-20 (*Faxitron X-ray Corp. Wheeling, IL, U.S.A.*), acoplado a um computador Core 2 Duo (3,16 GHz, 2 GB de memória RAM, disco rígido de 160 GB). As imagens radiográficas digitais geradas foram salvas em computador e analisadas em seguida.

Foram realizadas análises visuais nas radiografias, sendo quantificado o percentual de sementes bem formadas e malformadas, assim como a análise automatizada com uso do software ImageJ®. Para a análise automatizada foi utilizada a macro *PhenoXray* (MEDEIROS *et al.*, 2019) no ImageJ®, com a escala padronizada em 31.090 pixels mm⁻¹, e tamanho da ROI (região de interesse) limitado entre 10 e 20 mm² do objeto de interesse. Para segmentação das imagens foi utilizada a escala brilho que possibilitou mensurar a área (mm²), perímetro

(mm), largura (mm), altura (mm), circularidade, densidade relativa (cinza.pixel^{-1}) e densidade integrada ($\text{cinza.mm}^2.\text{pixel}^{-1}$) para cada semente.

Análises fisiológicas

Análises de germinação

Após a realização do teste de raios X, as sementes foram escarificadas manualmente, lixando a extremidade oposta à micrópila, o suficiente para permitir a entrada de água na semente, sem causar danos à sua estrutura interna. Em seguida foram submetidas ao teste de germinação, mantendo-se o mesmo arranjo de sementes originalmente utilizadas no teste de raios X.

O teste de germinação foi conduzido em rolos de papel, umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco e, mantidos em germinador com temperatura constante a 25 °C. A contagem final da germinação foi realizada no décimo dia após a semeadura (BRASIL, 2013), com resultados expressos em percentual de plântulas normais. Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas normais emersas para a determinação do índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962). A velocidade de protrusão da raiz primária foi determinada concomitantemente com o teste de germinação a partir de contagem de plântulas cujas raízes primárias haviam sido emitidas, com no mínimo 2 mm de comprimento, conforme Machado *et al.* (2012). Este procedimento foi repetido diariamente sempre no mesmo horário até a estabilização da protrusão da raiz primária. No final das contagens foi calculado o índice de velocidade de protrusão da raiz primária e o índice de vigor de sementes (SVI), de acordo com o proposto por Maguire (1962).

Análise digital das plântulas

As sementes mortas e plântulas geradas foram dispostas sobre um fundo azul, junto a uma régua graduada em centímetros e foram escaneadas. As imagens foram transferidas para um computador e processadas utilizando-se o software ImageJ®, a partir do qual se obtiveram os comprimentos de hipocótilo, raiz primária e plântula inteira. Foram implementados ainda os índices de crescimento, uniformidade, vigor (SAKO *et al.*, 2001) e vigor corrigido (MEDEIROS e PEREIRA, 2018), a partir dos dados de comprimento de plântulas, calculados através do pacote *SeedCalc* (SILVA *et al.*, 2018). Os resultados de comprimento foram expressos em milímetros por plântula e os índices em valores adimensionais, variando de 1 a 1000, no qual quanto maior o valor, melhor é o desempenho para aquela característica.

Massa seca de plântulas

Para determinar a massa seca de plântulas, as mesmas foram acondicionadas em saco de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 65 °C, durante 48 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em dessecador e em seguida pesadas. O peso da massa seca total das plântulas de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas componente, fornecendo o peso da massa seca por plântula, expressa em mg/plântula^{-1} (NAKAGAWA *et al.*, 1999).

Delineamento e análise estatística

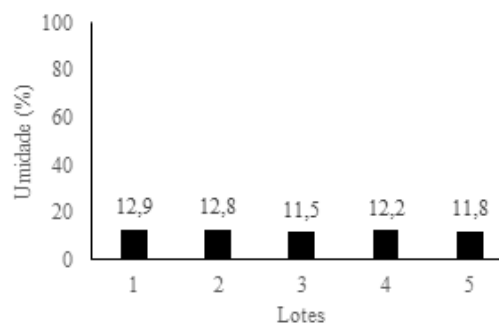
O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Posteriormente, os coeficientes de correlação simples de Pearson (r) foram calculados para todas as combinações entre os testes de avaliação da qualidade fisiológica e física das sementes. Além disso, foi realizada a análise multivariada de Componentes Principais (PCA). O software utilizado em todas as análises estatísticas foi o R (R Core Team 2018).

Resultados e discussão

O teor de água das sementes dos lotes analisados apresentaram níveis de umidade aproximados, variaram de 11,5 a 12,9% (Figura 1), isso pode ter favorecido a visualização da morfologia interna.

Figura 1. Teor de água (%) das sementes *Senna siamea*.

Figure 1. Water content (%) of *Senna siamea* seeds.



Sabe-se que o teor de água das sementes tem influência sobre a densidade óptica das imagens de raios X, conforme destacou Simak (1991), ou seja, quanto menor o teor de água, melhor será a visualização da morfologia internas das sementes radiografadas. Além disso, as sementes dos lotes nesta pesquisa, apresentaram variação de midade dentro da faixa estabelecida por Marcos Filho (2016), apesar de não ser uma espécie domesticada, permitindo a comparação entre eles.

Em estudos utilizando a análise de raios X em sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (MEDEIROS *et al.*, 2018), *Moquiniastrum polymorphum* (FARIA *et al.*, 2018), *Senna multijuga* (MARCHI e GOMES JÚNIOR, 2017), *Anacardium othonianum* (SILVA *et al.*, 2017), *Crotalaria juncea* (ARRUDA *et al.*, 2016) e *Terminalia argentea* (GOMES *et al.*, 2014), também foi possível a visualização da morfologia interna das sementes a partir das radiografias, indicando que para a maioria das espécies estudadas, a visualização das imagens é favorecida quando as sementes apresentam baixos teores de água (8 a 12%).

Na avaliação das variáveis obtidas a partir das imagens de radiografia das sementes (Tabela 1) foram observadas diferenças significativas entre os lotes. Dentre as variáveis morfométricas analisadas, não se observou diferença significativa entre os lotes para as variáveis área, perímetro, largura e altura, no entanto, quando se avaliou a circularidade, as sementes do lote 5 apresentaram maiores médias, indicando que as sementes deste lote apresentam maior área para um dado perímetro em relação ao lote 4. De forma geral, sementes maiores tendem a apresentar crescimento de plântulas com taxas mais elevadas e maior probabilidade de sucesso em seu estabelecimento, em razão do armazenamento de reservas, o que favorece o crescimento mais acelerado das raízes e da parte aérea (LUCENA *et al.*, 2017). Assim, a partir dos resultados de circularidade, pressupõe-se que as sementes do lote 5 teriam maior crescimento que as dos demais, apresentando maior potencial para acúmulo de reservas, já o lote 4 apresentaria o pior desempenho entre os lotes analisados por essa variável.

Tabela 1. Valores médios de área, perímetro, largura, altura, circularidade (Circ), densidade relativa (DenR), densidade integrada (DenI), percentual de sementes bem-formadas (SBF) e sementes malformadas (SMF) de cinco lotes de sementes de *Senna siamea*.

Table 1. Mean values of area, perimeter, width, height, circularity (Circ), relative density (DenR), integrated density (DenI), percentage of well-formed seeds (SBF) and malformed seeds (SMF) seeds of *Senna siamea*.

Lotes	Análise ImageJ [®]					Análise visual			
	mm ²	-----mm-----				cinza.pixel ⁻¹	cinza.mm ² .pixel ⁻¹	----%----	
	Área	Perímetro	Largura	Altura	Circ	DenR	DenI	SBF	SMF
1	33.26	29.57	5.91	7.61	0.483 ab	72.37 a	2412 a	92.5 ab	7.5 ab
2	32.39	29.17	5.81	7.62	0.482 ab	73.89 a	2395 a	93.1 ab	6.8 ab
3	32.06	29.62	5.80	7.53	0.464 ab	71.39 a	2286 ab	93.7 a	6.2 b
4	31.95	30.02	5.80	7.54	0.453 b	68.12 b	2178 b	82.5 b	17.5 a
5	33.00	29.18	5.85	7.64	0.492 a	73.40 a	2424 a	93.7 a	6.2 b
F	1.85 ^{ns}	0.76 ^{ns}	1.29 ^{ns}	0.63 ^{ns}	3.22*	10.14*	7.50*	3.59*	3.59*
CV (%)	2.61	2.74	1.50	1.74	3.73	2.00	3.29	5.61	57.61

Letra minúscula = significa comparação dentro de cada coluna para cada avaliação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); *, ns = significativo e não significativo pelo teste de F ($p < 0,05$); F = Teste F; CV. = coeficiente de variação.

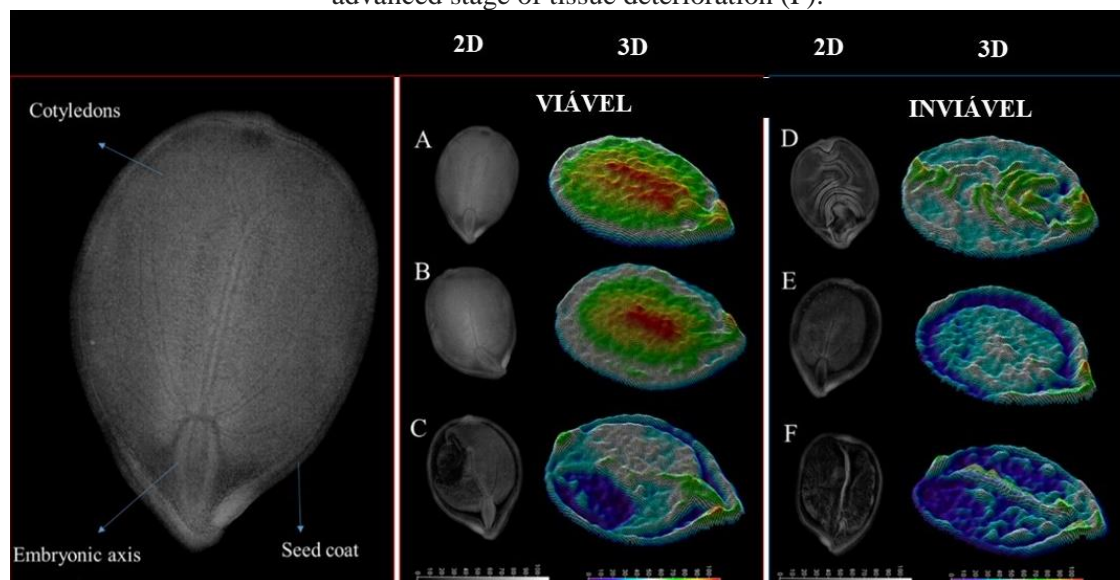
A densidade relativa e a densidade integrada para a *Senna siamea* permitiu o ranqueamento da qualidade das sementes em dois níveis, sendo o lote 4 aquele que apresentou o menor desempenho. A densidade é um parâmetro que pode sofrer interferência de diversos fatores, como a composição e a espessura das sementes, o que está diretamente ligado ao processo de formação da imagem durante a aquisição da radiografia, já que é durante esta etapa que a imagem pode sofrer diferentes variações de radiopacidade (clara) e radioluminescência (escura) dependendo do nível de absorção dos raios X pelas sementes. De acordo com Medeiros et al. (2018), são esses parâmetros que permitem que suposições sejam feitas sobre a densidade da estrutura interna das sementes, servindo como um espelho para a sua fisiologia.

Com relação à desenvolvimento das sementes bem formadas, aquelas do lotes 3 e 5 apresentaram as maiores porcentagens diferenciando-se do lote 4, já para a má formação interna das sementes, o maior valor foi do lote 4, corroborando que este lote apresenta qualidade inferior com relação aos lotes 3 e 5, como apontou outras variáveis oriundas das radiografias.

O teste de raio X em sementes de *S. siamea* também foi eficiente na identificação de danos mecânicos e malformação embrionária. Na Figura 2 é possível diferenciar visualmente uma semente bem formada (A) daquelas que apresentaram malformação (B), dano por predação (C), baixo desenvolvimento embrionário (D), semente morta (E) e em deterioração (F).

Figura 2. Radiografias de sementes de *Senna siamea* com diferentes características. Semente bem-formada (A); semente malformada (B); semente com dano por predação (C); semente com reduzido desenvolvimento embrionário (D); semente morta (E) e em estágio avançado de deterioração tecidual (F).

Figure 2. Radiographs of *Senna siamea* seeds with different characteristics. Well-formed seed (A); malformed seed (B); seed with damage from predation (C); seed with reduced embryonic development (D); (E) and in advanced stage of tissue deterioration (F).



Avaliando esses danos na semente de *Senna siamea*, pode-se prever a possibilidade de produção de plântulas normais ou redução da germinação, uma vez que a área afetada está próxima ao eixo embrionário, o que pode resultar em plântulas anormais ou sementes mortas. Resultados semelhantes foram obtidos por Javorski e Cicero (2017) e sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) inferiram que à medida em que houve aumento do percentual de danos totais, houve diminuição na porcentagem de plântulas normais. Nessa perspectiva, os mesmos autores observaram que os danos por deterioração dos tecidos vegetais foram caracterizados nas imagens por apresentarem baixa densidade e oferecerem menor resistência à passagem dos raios X, promovendo assim o escurecimento da imagem.

Na Figura 2 ainda é possível fazer outras associações entre características físicas e o desempenho das sementes. Observa-se que os tecidos que se apresentam mais uniformes, geraram imagens mais opacas, com regiões de densidade elevada (representando nas cores verde, amarelo e vermelho), devido à resistência da passagem dos raios X que foi maior (Figura 2, A e B). Quando essas zonas de alta densidade apresentaram uniformidade por toda semente, a densidade relativa permaneceu elevada, no que pode resultar no surgimento de plântulas mais vigorosas. Huang *et al.* (2015) afirmaram que as características de densidade são fundamentais para assegurar a qualidade dos lotes durante a fase de semeadura. Segundo Abud, Cícero e Gomes Junior (2018), esse parâmetro permite inferir sobre a densidade dos tecidos internos das sementes, inferindo sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Por outro lado, sementes com tecidos de baixa integridade apresentaram densidades relativas menores (Figura 2, C a F), em função da sua baixa resistência aos raios X, o que torna a região mais translúcida ou escurecida na radiografia (representadas nas cores azul e roxo), o que pode causar o surgimento de plântulas com baixo desenvolvimento. Um ponto relevante que deve ser ressaltado, é que fatores como espaços vazios, injúrias mecânicas e manchas nas sementes, indicam deterioração do tecido vegetal, ou malformações das estruturas das sementes, que devem ser observadas durante a análise visual (MARCHI; GOMES JUNIOR, 2017). Uma forma de se aferir, é pelo método indireto, que é através da densidade relativa, visto que pela deterioração, danos mecânicos ou a não uniformização do embrião, contribui no aumento dos índices de radioluminescência (tons escuros) (MEDEIROS *et al.*, 2019). Desse modo, reduzindo a escala de cinza (MEDEIROS *et al.*, 2018). Sendo assim, sementes com valores elevados de densidade relativa podem ter um melhor desempenho na qualidade fisiológica.

Apesar do grande potencial para a associação entre imagens de raios X e a qualidade fisiológica de sementes, existem pesquisas nas quais observa-se que relação entre a imagem da radiografia e a conformação da plântula nem sempre é verdadeira. Sementes classificadas como bem formadas pela técnica de raios X podem dar origem a plântulas anormais e até a sementes mortas, devido à radiografia permitir verificar se há ou não mal

formação do tecido, mas essa relação não é necessariamente direta com os processos fisiológicos (SILVA *et al.*, 2014; SEVERIANO *et al.*, 2018).

Para as variáveis relacionadas à qualidade fisiológica (Tabela 2), nota-se que houve um ranqueamento dos lotes em dois níveis para todas variáveis analisadas, exceto para o IVG, que não apresentou diferença estatística. Observando a variável germinação, o lote 2 apresentou melhor desempenho em relação ao lote 4, enquanto os demais lotes apresentaram comportamento intermediário.

Sementes mais pesadas, que possuem maior quantidade de reserva, podem originar plântulas com maiores dimensões, apresentando melhores desempenhos quando se comparadas às leves (SOUZA *et al.*, 2017). Logo, essas sementes apresentam poder germinativo elevado, no que interfere no tempo médio de germinação e na homogeneidade (MESQUITA SOUZA *et al.*, 2017).

Conhecer as informações que podem determinar o potencial germinativo serve como base para possíveis indicações durante a seleção de lotes de sementes de alto potencial fisiológico, no que reflete na alta eficiência na etapa de produção de mudas, que poderiam influenciar em processos, como conservação, recuperação de áreas degradadas e exploração madeireira (YOKOMIZO *et al.*, 2016; MENDONÇA *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2016; MOURA *et al.*, 2016; BARDALES-LOZANO *et al.*, 2016).

Tabela 2. Germinação (G), velocidade de germinação (IVG), massa seca de plântulas (MS), índice de vigor de sementes (SVI), velocidade de protrusão de raiz primária (VPRP) de cinco lotes de sementes de *Senna siamea*.

Table 2. Germination (G), germination speed (IVG), seedling dry mass (MS), seed vigor index (SVI), primary root protrusion rate (VPRP) of five seed lots of *Senna siamea*.

Lotes	%	dias	Mg	Índice	
	G	IVG	MS	SVI	VPRP
1	91 ab	2,37	11,23 ab	1,02 a	16,04 a
2	93 a	2,31	10,99 ab	1,03 a	17,01 a
3	91 ab	2,34	10,56 b	0,97 a	16,39 a
4	78 b	2,56	10,39 b	0,80 b	12,8 b
5	91 ab	2,53	11,94 a	1,09 a	15,1 ab
F	4,03*	2,1 ^{ns}	5,32*	8,45*	5,72*
CV (%)	6,69	6,14	4,64	7,45	8,68

Letra minúscula = significa comparação dentro de cada coluna para cada avaliação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); *, ns = significativo e não significativo pelo teste de F ($p < 0,05$); F = Teste F; CV. = coeficiente de variação.

Os resultados obtidos a partir da análise das imagens de plântulas (Tabela 3) indicam que quando se avaliou os comprimentos do hipocótilo (HL), o lote 2 apresentou melhor desempenho, o lote 4 o pior, e os demais lotes apresentaram vigor intermediário. As demais variáveis apresentaram maior sensibilidade no ranqueamento dos lotes, havendo uma diferença dos índices anteriores, em que os lotes 1 e 2 apresentaram melhores resultados, o 4 permaneceu como pior e os lotes 3 e 5 mantendo-se em posição mediana. Estes resultados corroboram com aqueles obtidos anteriormente, demonstrando que com o uso do processamento digital de imagens de plântulas, é possível obter resultados semelhantes à análise tradicional, de modo mais rápido, eficiente e não subjetivo.

Ressalta-se que no índice de vigor, variável formada pelo índice de crescimento e uniformidade de plântulas, observa-se que os resultados obtidos anteriormente separam os lotes em pelo menos dois níveis distintos. Já o vigor corrigido, índice que leva em consideração a porcentagem de germinação, é considerado um parâmetro mais sensível, que consegue distinguir os lotes com maior precisão. Segundo Medeiros e Pereira (2018), o vigor corrigido é capaz de classificar os lotes de forma mais apropriada, separando-os em potenciais fisiológicos diferentes, corroborando com os resultados indicados por Sako *et al.* (2001), que indicam melhores respostas na representação da diferença da qualidade fisiológica dos lotes com base na germinação.

Tabela 3. Comprimento de hipocótilo (HL), de raiz primária (RL), de plântula inteira (SL) e índices de crescimento (IC), uniformidade (IU), vigor (IV) e vigor corrigido (IVC) de cinco lotes de sementes de *Senna siamea*.

Table 3. Hypocotyl (HL), primary root (RL), whole seedling (SL) and growth index (IC), uniformity (IU), vigor (IV) and corrected vigor (IVC) seeds of *Senna siamea*.

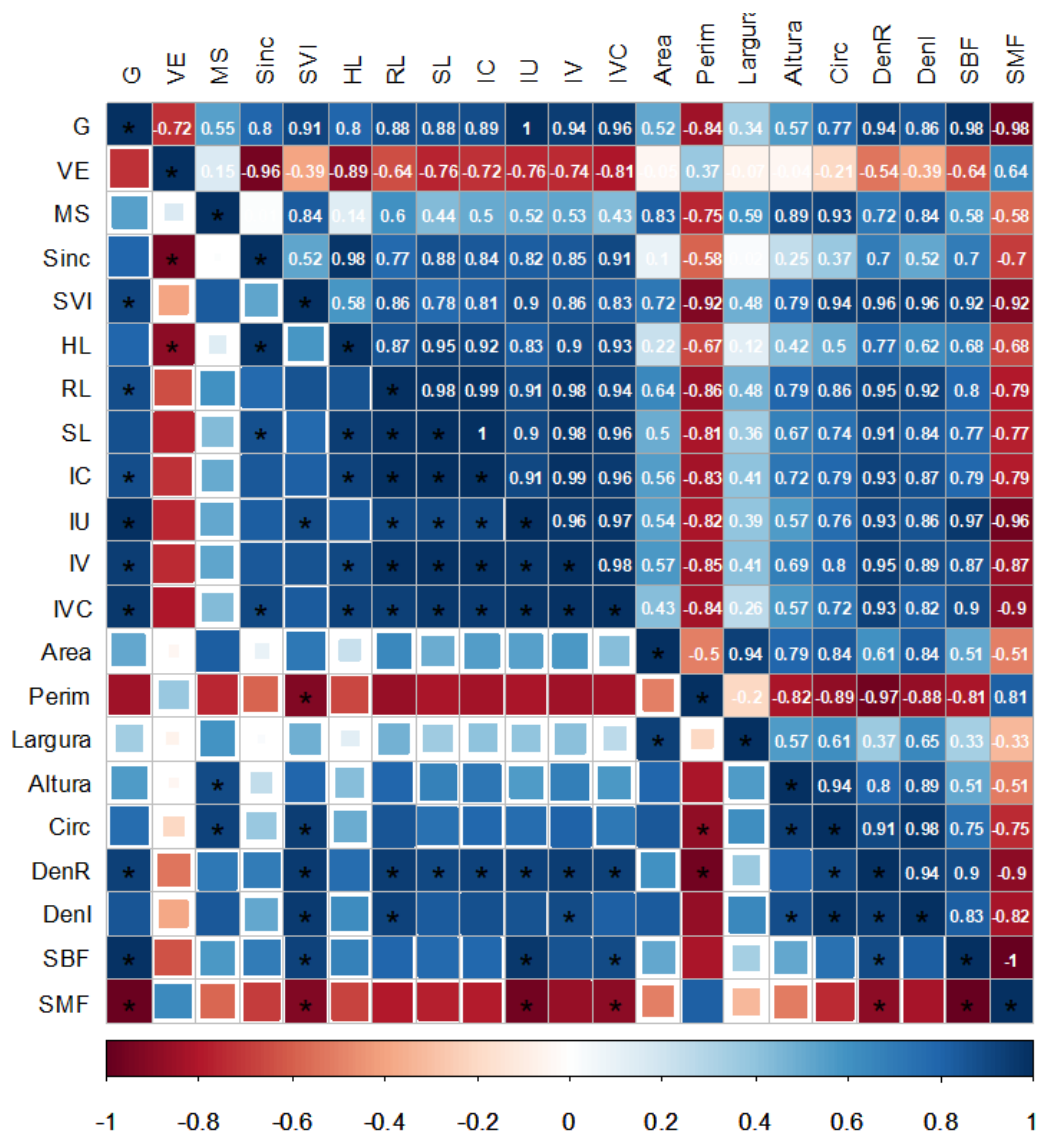
Lotes	Mm				Índice		
	HL	RL	SL	IC	IU	IV	IVC
1	27,8 ab	29,7 a	57,6 a	437 a	834 a	556 a	505 a
2	30,8 a	31,7 a	62,5 a	471 a	849 a	584 a	569 a
3	27,1 ab	25,2 ab	52,3 ab	388 ab	820 ab	517 ab	492 ab
4	23,5 b	20,6 b	44,2 b	324 b	671 b	428 b	337 b
5	25,6 ab	28,2 ab	53,8 ab	410 ab	815 ab	532 ab	483 ab
F	4,00*	5,94*	4,81*	5,25*	3,94*	5,08*	4,31*
CV (%)	9,98	12,77	11,28	11,86	9,12	10	16,57

Letra minúscula = significa comparação dentro de cada coluna para cada avaliação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); *, ns = significativo e não significativo pelo teste de F ($p < 0,05$); F = Teste F; CV. = coeficiente de variação.

As correlações observadas entre os parâmetros densidade relativa e densidade integrada e as variáveis fisiológicas (Figura 3) são indicadores de relevância para a aceitação da metodologia de análise automatizada de imagens de raios X para avaliar a qualidade das sementes. Os resultados das pesquisas realizadas por Abud *et al.* (2018) e Medeiros *et al.* (2018) também indicaram correlações entre a densidade relativa, obtidas a partir de radiografias de sementes de brócolis e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., respectivamente, com variáveis de qualidade fisiológica, especificamente para o comprimento de plântula, indicando que o uso desse parâmetro é propício para estimar o potencial fisiológico das sementes analisadas.

Figura 3. Correlação de Pearson representada por *heatmap* entre as variáveis geradas da análise automatizada das radiografias e da avaliação fisiológica.

Figure 3. Pearson correlation represented by heatmap between the generated variables of the automated analysis of the radiographs and the physiological evaluation.

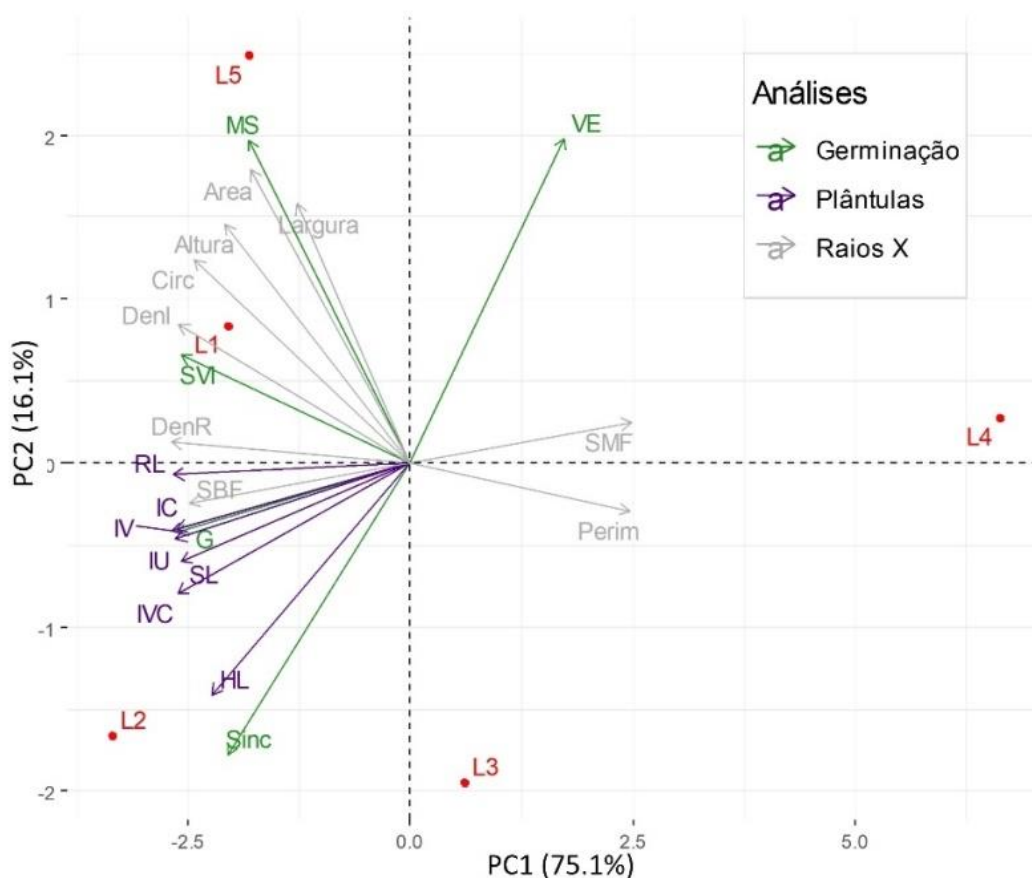


Observa-se, portanto, uma correlação inversa entre os percentuais de sementes malformadas e o de germinação, demonstrando a eficiência do método de avaliação da qualidade de sementes desta espécie por meio de imagens de radiografia. Para Gomes *et al.* (2016) sementes com anormalidades embrionárias, como preenchimento interno incompleto, não devem ser armazenadas ou semeadas, devido à alta probabilidade de produção de plântulas anormais ou sementes não germinadas.

No gráfico biplot de análise de componentes principais (Figura 4) foram utilizados dados referente aos cinco lotes analisados e 20 características avaliadas. Após o processamento dos dados, como resultado tem-se dois componentes (CP1 e CP2) que apresentam variabilidade de 91,2% no valor total dos dados, isto é, utilizando esse método, foi possível diminuir 20 variáveis para dois componentes, que se mostram significativos, sendo assim, facilitando a interpretação dos dados de forma mais objetiva e precisa.

Figura 4. Gráfico biplot da análise de componentes principais.

Figure 4. Biplot graph of principal component analysis.



Observou-se no gráfico o agrupamento entre alguns lotes, mas próximos de vetores, cujas características são consideradas mais forte, outros já se mantiveram isolados. De forma geral, lotes que se situaram mais próximos dos vetores considerados variáveis de qualidade (germinação, comprimento uniformidade, densidade relativa e outros), como os lotes 1, 2, e 5, apresentaram melhor desempenho para aquelas características, tendo médias superiores às demais. Sob outra perspectiva, lotes que se mantiveram distantes ou na contramão dos vetores de qualidade podem ser considerados materiais com baixa qualidade (lote 3 e 4).

Vetores que abrangem as variáveis obtidas através da análise automatizada das radiografias (Lotes 1, 2 e 5) situaram-se próximo dos vetores de qualidade fisiológica, o que sugere correlação acima da média para essas características. Portanto, estas variáveis foram eficientes na determinação do nível de integridade física das sementes, além de estarem associadas a aspectos fisiológicos, como viabilidade e vigor.

Conclusão

A avaliação de sementes de *Senna siamea* Lam. utilizando a técnica de raios X demonstrou a eficácia desse procedimento para avaliação da qualidade física de sementes dessa espécie, possibilitando a detecção de danos ou malformação interna das sementes, e a relação dessas características com o potencial germinativo e o desenvolvimento inicial de plântulas.

A metodologia que utiliza a imagem de plântulas permitiu diferenciar os lotes de sementes, caracterizar a qualidade fisiológica e permitiu associar os resultados desta análise com aqueles obtidos na caracterização fisiológica e na análise de raio X, mostrando que a técnica também é eficiente.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F.; CICERO, S. M.; GOMES JUNIOR, F. G. Radiographic images and relationship of the internal morphology and physiological potential of broccoli seeds. **Acta Scientiarum**, v.40, p.1-9. 2018. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34950>.
- ARRUDA, N.; CICERO, S. M.; GOMES-JUNIOR, F. G. Radiographic analysis to assess the seed structure of *Crotalaria juncea* L. **Journal of Seed Science**, v.38, n.2, p.161-168, 2016.
- BARDALES-LOZANO, R. M.; CHAGAS, E. A.; SMIDERLE, O. J.; ABANTO-RODRIGUEZ, C.; CHAGAS, P. C.; FILHO, A. B. M.; SOUZA, O. M.; CORDEIRO, A. C. C. Genetic diver-gence among camu-camu plant populations based on the initial characteristics of the plants. **Journal of Agricultural Science**, v.8 n.11, p.212-217, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. MAPA/ACS, 2013. 98p.
- BRUNES, A. P, DE SOUZA ARAÚJO, Á.; DIAS, L. W.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Seedling length in wheat determined by image processing using mathematical tools. **Revista Ciência Agronômica**. v.47 n.2 p.374–379, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160044>.
- CASTAN, D. O. C.; GOMES-JUNIOR, F. G.; MARCOS-FILHO, J. Vigor S. A new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. **Scientia Agricola**. v.75, n.2, p.167–172, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0401>.
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; DINIZ, F. O. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.3, p.280-285, 2007.
- FARIA, J. C. T.; MELO, L. A.; ASSUMPÇÃO, C. R. M.; BRONDANI, G. E.; BREIER, T. B.; FARIA, J. M. R. Physical quality of seeds of *Moquiniastrium polymorphum*. **Brazilian Journal of Biology**, v.79, n.1, p.63-69, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.175407>.
- GOMES, K. B. P.; MARTINS, R. D. C. C.; MARTINS, I. S.; GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação da morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea* (Combretaceae) pelo teste de raios X. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p.752-759, 2014.
- GOMES, P.; BRUNO, K.; MESQUITA MATOS, J. M.; SOARES MARTINS, I.; MARTINS, C.; DE CARVALHO, R. X-ray test to evaluate the physiological potencial of *Platypodium elegans* Vog. Seeds (Fabaceae). **Scientia Agropecuaria**, v.7, n.3, p.305-311, 2016.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. 3. ed. New Jersey: Prendice Hall, 2010. 20-976 p.
- GUEDES R. S.; ALVES E. U.; SANTOS-MOURA, S. D. S.; GALINDO, E. A. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**. v.36, n.4, p.2373–2381, 2015. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2373>.
- HASSAN, I. A.; NASIRU, I. A.; MALUT, A. M.; ABDULKADIR, I. S.; ALI, A. S. Estudos fitoquímicos e cromatografia em camada delgada de folhas e extratos florais de *Senna siamea* Lam. para possíveis aplicações biomédicas. **Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy**, v.7, n.3, p.18-26, 2015.
- HUANG, M.; WANG, Q. G.; ZHU, Q. B.; QIN, J. W.; HUANG, G. Review of seed quality and safety tests using optical sensing technologies. **Seed Science and Technology**, v.43, n.3, p.337-366, 2015.
- ISTA. International Seed Testing Association. Regras internacionais para análise de sementes. **Seed Science and Technology**, 2004. 174p.

- JAVORSKI, M.; CICERO, S. M. Utilização de raios x na avaliação da morfologia interna de sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.2, p.310-318, 2017.
- LIMA JUNIOR, M.J.; GENTIL, D. F. O.; FIGLIOLIA, M. B.; FERAZ, I. D. K.; CALVI, G. P.; PINA RODRIGUES, F. C. M.; DA SILVA, V. S.; DE SOUZA, M. M. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. **Manual de procedimentos par análise de sementes florestais**. 2011. 83p.
- LEÃO-ARAÚJO, E. F.; FARIA, J.; BARBOZA, C.; MARCOS-FILHO J.; VIEIRA, R. D. Controlled deterioration test and use of the seed vigor imaging system (SVIS®) to evaluate the physiological potential of crambe seeds. **Journal of Seed Science**. v.39, n.4, p.393-400, 2017.
- LUCENA, E. O.; NÓBREGA LÚCIO, A. M. F.; BAKKE, I. A.; PIMENTA, M. A. C.; RAMOS, T. M. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Marth.) de diferentes matrizes do semiárido paraibano. **Agropecuária científica no semiárido**, v.13, n.4, p.275-280, 2017.
- MARCHI, J. L. DE; GOMES JUNIOR, F. G. Use of image analysis techniques to determine the embryo size of *Senna multijuga* (Rich.) seeds and its relation to germination and vigor. **Journal of Seed Science**, v.39, n.1, p.13-19, 2017.
- MACHADO, C. G.; MARQUES, R. P.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. C. S. Precocidade na emissão da raiz primária para avaliação do vigor de sementes de milheto. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.499-505, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359
- MARCOS FILHO, J. Teste de vigor de sementes: uma visão geral da perspectiva passada, presente e futura. **Scientia Agricola**, v.72, n.4, p.363-374, 2015.
- MARCOS-FILHO, J. **Seed Physiology of Cultivated Plants**. Abrates. 2016. 616p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in relation evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- 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.
- MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D.; SOARES, T. F. S. N.; NORONHA, B. G.; PINHEIRO, D. T. Computer Vision a Complementary Method to Vigour Analysis in Maize Seeds. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.5 n.5, p.1-8, 2018. DOI: 10.9734/JEAI/2018/43464.
- MEDEIROS, A. D. DE; ARAÚJO, J. DE O.; ZAVALA-LEÓN, M. J.; SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. DOS S. Parameters based on x-ray images to assess the physical and physiological quality of *Leucaena leucocephala* seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v.42, n.6, p.1-10. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018426023318>.
- MEDEIROS, A. D. DE; SILVA, L. J.; CAPOBIANGO, N. P.; FIALHO, C. A.; DIAS, D. C. F. DOS S. Assessing the physiological quality of common bean seeds using the Vigor-S® system and its relation with the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, v.41, n.2, p.187-195, 2019.
- MENDONÇA, A. V. R.; FREITAS, T. A. S.; SOUZA, S. S.; FONSECA, M. D. S.; SOUZA, J. S. Morfologia de frutos e sementes e germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, comb. **Ciência Florestal**, v.26, n.2, p.375-387, 2016.
- MESQUITA SOUZA, O.; SMIDERLE, O. J.; DAS GRAÇAS SOUZA, A.; ALVES CHAGAS, E.; CARDOSO CHAGAS, P.; BACELAR-LIMA, C. G.; SANTANA MORAIS, B. Influência do tamanho da semente na germinação e vigor de plântulas de populações de Camu-Camu. **Scientia Agropecuaria**, v.8, n.2, p.119-125, 2017.
- MOREIRA, F. J. C.; SILVA, M. A. P.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação e crescimento inicial de cajú (*Anacardium microcarpum* DUCKE) em função do tamanho das sementes e do tempo de embebição. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v.15, n.1, p.19-28, 2016.

- MOURA, M. L. S.; CHAGAS, E. A.; SMIDERLE, O. J.; VILAÇA, R.; CHAGAS, P. C.; MOURA, E. A.; FARIAS, E. E. Biometric characterization, water absorption curve and vigor on araçá-boi seeds. **International Journal of Plant Biology**, v.7, n.1, p.62-65, 2016.
- MUND, N. K.; DASH, D.; BARIK, C. R.; GOUD, V. V.; SAHOO, L.; MISHRA, P.; NAYAKA, N. R. Composição química, pré-tratamentos e sacarificação de *Senna siamea* (Lam.) HS Irwin e Barneby: Leguminosa arbórea produtora de biomassa. **Bioresource Technology**, v.207, p.205-212, 2016.
- NAKAGAWA, J.; KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. D. B. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**, p.9-13, 1999.
- OLIVEIRA, L. D.; SMIDERLE, O. J.; PAULINO, P. P. S.; SOUZA, A. G. Water absorption and method improvement concerning electrical conductivity testing of *Acacia mangium* (Fabaceae) seeds. **Revista Biologia Tropical**, v.64, n.4, p.1651-1660, 2016.
- PARVEEN, S.; SHAHZAD, A.; SAEMA, S. In vitro plant regeneration system for *Cassia siamea* Lam., a leguminous tree of economic importance. **Agroforestry systems**, v.80, n.1, p.109-116, 2010.
- R CORE TEAM. **R Development Core TeamR: A Language and Environment for Statistical Computing**, 2018. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.
- SAKO, Y.; MCDONALD, M. B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A. F.; BENNETT, M. A. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v.29, n.3, p.625-636, 2001.
- SEVERIANO, R. L.; PINHEIRO, P. R.; GOMES JUNIOR, F. G.; MEDEIROS, A. D. DE; PEREIRA, M. D. X-ray test on passion fruit seeds submitted to different aryl removal methods. **Comunicata Scientiae**, v.9, n.3, p.356-362, 2018. <https://doi.org/10.14295/cs.v9i3.2706>.
- SILVA, B. E. C.; PIMENTA, P. C. B.; JOLOMBA, M. R.; LUIZ, P. H. D.; POLONI, C. M. M. Avaliação da germinação de sementes de ipê amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) em diferentes substratos. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.4, n.3, p.334-337, 2018.
- SILVA, P. P.; FREITAS, R. A.; CÍCERO, S. M.; MARCOS-FILHO, J.; NASCIMENTO, W. M. Análise de imagens no estudo morfológico e fisiológico de sementes de abóbora. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2, p.210-214. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200016>.
- SIMAK, M.; GUSTAFSSON, Å. X-ray photography and sensitivity in forest tree species. **Hereditas Lund**, v.39, n.2, p.458-468, 1991.
- SILVA, L. A. D.; SALES, J. D. F.; NEVES, J. M. G.; SANTOS, H. O. D.; SILVA, G. P. Radiographic image analysis of *Anacardium othonianum* Rizz (anacardiaceae) achenes subjected to desiccation. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.39, n.2, p.235, 2017.
- SOUZA, A. G.; SPINELLI, V. M.; SOUZA, R. O.; SMIDERLE, O. J.; BIANCHI, V. J. Optimization of germination and initial quality of seedlings of *Prunus persica* tree rootstocks. **Journal of Seed Science**, v.39, n.2, p.286-292, 2017.
- YOKOMIZO, G. K. I.; MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L.; SANTOS, G. R.; FURTADO, R. G.; BRANDÃO, A. P.; COLARES, I. B. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de frutos em açaizeiros no Amapá. **Ciência Florestal**, v.26, n.3, p.985-993, 2016.

1 ANEXO 1 – Normas da Revista Ciência Floretal - Artigo 1

2

3 Diretrizes para Autores

4 **1.** A revista CIÊNCIA FLORESTAL publica artigos técnico-científicos inéditos, resultantes de
5 pesquisa de interesse da área florestal. Também são aceitas notas técnicas e artigos de revisão.
6 Os textos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol.

7 **2.** Para submeter um trabalho para publicação são cobrados os seguintes valores:

8 **§1** Taxa de submissão: R\$50,00 (cinquenta reais). O pagamento dessa taxa não garante a
9 publicação do trabalho.

10 **§2** Taxa de publicação: R\$250,00 (duzentos e cinquenta reais). Esse valor deve ser recolhido
11 somente quando solicitado pelo editor.

12 Os valores devem ser depositados na conta corrente n. 38588-3, da agência do Banco do Brasil
13 n. 1484-2 (FATEC - CNPJ: 89.252.431/0001-59). O comprovante do depósito da taxa de
14 submissão deverá ser postado como documento suplementar, na submissão do trabalho. O
15 comprovante da taxa de publicação deverá ser enviado a CIÊNCIA FLORESTAL, quando
16 solicitado, via e-mail. Os valores depositados não serão devolvidos.

17 **3.** Os manuscritos devem ser submetidos à revista via online por meio da PLATAFORMA
18 SEER. O autor que submete o artigo assume toda e qualquer responsabilidade pelas
19 informações, que os demais autores estão de acordo com a submissão e que o artigo é inédito.
20 Os conceitos e afirmações emitidas no artigo são de exclusiva responsabilidade dos autores.
21 Contudo, o Conselho Editorial reserva-se o direito de solicitar ou sugerir modificações no texto
22 original.

23 **4.** Os artigos devem ser organizados da seguinte forma:

24 **4.1.** Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura e
25 objetivos, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos (quando
26 houver) e Referências. Antes do item Referências, quando apropriado, mencionar a aprovação
27 pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.

- 1 **4.2.** Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento,
2 Considerações finais, Agradecimentos (quando houver) e Referências.
- 3 **5.** O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas
4 continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação
5 de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de
6 margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.
- 7 **6.** O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito,
8 com letras maiúsculas (exceto nomes científicos), redigido em português ou espanhol, seguido
9 da versão em inglês (em não-negrito).
- 10 **7.** O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo, contendo o máximo de 300
11 palavras) e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e
12 ABSTRACT devem ser redigidas em letras maiúsculas, negrito e centralizadas.
- 13 **8.** Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e
14 Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, seguidas de dois pontos e em negrito,
15 contendo até quatro termos (não contidos no título), separados por ponto e vírgula.
- 16 **9.** Os grandes itens (INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODO, RESULTADOS E
17 DISCUSSÃO, CONCLUSÃO, AGRADECIMENTOS e REFERÊNCIAS) devem ser escritos
18 em letras maiúsculas, negrito e alinhados à esquerda. Os demais obedecem a seguinte
19 sequência:
- 20 **MATERIAL E MÉTODO** - (item primário) - todo em maiúsculas e negrito.
- 21 **Caracterização do local** - (item secundário) - só a inicial maiúscula e em negrito.
- 22 ***Solo*** - (item terciário) - só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.
- 23 ***Horizonte A*** - (item quaternário) - só a inicial maiúscula, em itálico.
- 24 **10.** As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas
25 entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

- 1 **11.** Figuras (gráficos e fotografias) **PODENDO SER EM CORES**, porém sem-contorno. As
2 dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da
3 página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-
4 itálico).
- 5 **12.** As figuras e tabelas devem ser auto-explicativas e alocadas no texto logo após sua primeira
6 chamada, no formato de imagem. A identificação destas deve ser expressa em dois idiomas (a
7 usada na versão do trabalho e o inglês e, se o trabalho for em inglês, a outra será o português).
8 As tabelas também devem ter sua versão no formato Excel e vir como Documento Suplementar,
9 com a denominação Tabela e o número correspondente. As figuras, além de estarem no texto,
10 devem vir como Documento Suplementar, em formato de imagem, com resolução superior a
11 300 dpi, com denominação de Figura e o número correspondente. Para tabelas com conteúdo
12 numérico, as vírgulas (ou pontos) devem ficar alinhadas verticalmente e os números
13 centralizados na coluna.
- 14 **13.** Nomes científicos devem ter gênero e espécie escritos por extenso (Ex: *Araucaria*
15 *angustifolia*) e em itálico (e acompanhar o estilo ao qual estão inseridos).
- 16 **14.** Fórmulas devem vir no texto em forma de imagem e, no Documento Suplementar, editadas
17 pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com
18 símbolos, subscrito/sobrescrito etc., em proporções adequadas, nunca superior a fonte 11. No
19 documento suplementar devem receber a denominação Equação e o número correspondente.
- 20 **15.** Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o
21 sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto obrigatoriamente devem ser
22 relacionadas na lista de Referências (e vice-versa), de acordo com a norma NBR 6023 da
23 ABNT. Já no item REFERÊNCIAS o autor deve colocar todas as citações feitas no trabalho,
24 fazendo uso somente das referências mais relevantes dos últimos 10 anos e em número máximo
25 de 30 citações.
- 26 **16.** No momento apropriado o autor será solicitado a inserir os nomes de todos os participantes,
27 que devem ser posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número
28 sequencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira
29 página, antecedido do número de identificação, devendo conter: título de graduação (Ex:
30 Engenheiro Florestal), maior titulação (Ex: Dr.), descrição da função/profissão (Ex: Professor

1 do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de
2 Santa Maria), endereço (Ex: Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil.) e
3 e-mail (Ex: cienciaflorestal@ufsm.br) sem o ponto final.

4 **17.** Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são
5 enviados para revisores *ad hoc*, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente,
6 passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Além disso ainda passam pelas correções de
7 língua estrangeira (inglês e espanhol), língua portuguesa e referências. Os artigos aceitos são
8 publicados na ordem de aprovação e para os não-aceitos é feita a comunicação aos autores. Os
9 artigos são disponibilizados no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista
10 (www.ufsm.br/cienciaflorestal).

11 **18.** Em caso de dúvidas sobre formatação, consultar os artigos já publicados no site ou o e-
12 mail cienciaflorestal@ufsm.br.

13 **19.** Consulte também, no item AJUDA, "Um Trabalho Exemplo" no rodapé da janela superior
14 CAPA.

15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31