

Utilização de análise de imagem para avaliação da qualidade de sementes de *Passiflora cincinnata* (maracujá-do-mato)

Use of image analysis to assess the quality of *Passiflora cincinnata* seeds (crato passion fruit)

*Uso de análisis de imágenes para evaluar la calidad de las semillas de *Passiflora cincinnata* (maracuyá del arbusto)*

Petterson Baptista da Luz¹
Beatriz Fernanda Silva Lima²
Severino de Paiva Sobrinho³
Andréa dos Santos Oliveira⁴

¹ Doutor em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Mestre em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Agrônomo pela UFLA. Professor da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Presidente da Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais (SBFPO). E-mail: petterson@unemat.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4067-0087>

² Mestranda no Programa de Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Agrônoma pela UNEMAT. E-mail: beatrizfernanda_lima@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2983-6963>

³ Doutor em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Produção Vegetal (Produção de Sementes) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Graduado em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Professor da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). E-mail: paivasevero@unemat.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7989-8145>

⁴ Doutora e mestre em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Professora da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). E-mail: andrea.santos.oliveira@unemat.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9061-2304>

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade de sementes de *Passiflora cincinnata* em função do estágio de desenvolvimento do fruto por meio de teste de raios-X e análise de imagem. Para a realização do teste de raios-X e da análise de imagem, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada estágio de maturação do fruto (verde, “de vez”, maduro e senescente). As sementes submetidas à exposição em raios-X foram classificadas em cheias ou vazias. Para análise de imagem computadorizada, avaliaram-se 15 descritores relacionados à dominância de cores e 7 de geometria. Posteriormente, as sementes foram avaliadas quanto à germinação. Os resultados obtidos indicam diferenças de coloração e de geometria entre os estádios de maturação dos frutos e que não houve diferença estatística entre os estádios no teste de raios-X. As sementes podem ser coletadas de frutos nos estádios maduro e senescente, sem prejuízo à qualidade fisiológica.

Palavras-chave: estágio de maturação; morfologia interna; morfologia externa; germinação.

Abstract: The objective of this work is to evaluate the quality of *Passiflora cincinnata* seeds as a function of the fruit's development stage through X-ray test and image analysis. To perform the X-ray test and image analysis, four replications of 50 seeds were used for each stage of ripening of the fruit of *P. cincinnata* (green, “at once”, ripe and senescent). The seeds submitted to X-rays were classified as full or empty. For computerized image analysis, 15 descriptors related to color dominance and 7 related to geometry were evaluated. Subsequently, the seeds were evaluated for germination percentage. The results obtained indicate differences in color and geometry between the fruit maturation stages and that there was no statistical difference between the stages in the X-ray test. The seeds can be collected from fruits in the mature and senescent stages, without prejudice to the physiological quality.

Keywords: maturation stage; internal morphology; external morphology; germination.

Resumen: El objetivo del trabajo es evaluar la calidad de las semillas de *Passiflora cincinnata* en función de la etapa de desarrollo del fruto a través de la prueba de rayos X y el análisis de imágenes. Para realizar la prueba de rayos X y el análisis de imagen, se utilizaron cuatro réplicas de 50 semillas por cada etapa de maduración del fruto de *P. cincinnata* (verde, “a la vez”, maduro y senescente). Las semillas sometidas a la exposición a los rayos X se clasificaron como llenas o vacías. Para el análisis de imágenes computarizado, se evaluaron 15 descriptores relacionados con la dominancia del color y 7 relacionados con la geometría. Posteriormente, las semillas fueron evaluadas para la germinación. Los resultados obtenidos indican diferencias de color y geometría entre los estados de maduración de los frutos y que no hubo diferencia estadística entre los estados en la prueba de rayos X. Las semillas pueden recolectarse de frutos en estado maduro y senescente, sin perjuicio de la calidad fisiológica. consumida por celíacos adultos en Sobral, Ceará, Brasil. Se trata de una investigación cuantitativa, descriptiva y transversal, con adultos celíacos, mediante la aplicación de un registro alimentario. La DSG tenía un alto consumo medio de lípidos y proteínas, pero bajo en glicídios. Hubo una ingesta insuficiente de fibra, ácido fólico, calcio y magnesio, pero un alto consumo de niacina, piridoxina y zinc. El estado nutricional de los celíacos debe ser monitoreado constantemente, para mantener su calidad de vida.

Palabras clave: gluten; enfermedad celíaca; dieta sin gluten; consumo de alimentos.

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira tem polos de cultivos promissores, com boas perspectivas para os próximos anos, os estados do nordeste brasileiro vêm se destacando na produção e exportação de frutas, em que o maracujazeiro figura entre as fruteiras de grande importância nessa cadeia.

As espécies de *Passiflora*, através do conhecimento popular, vêm sendo utilizadas na medicina tradicional com diversas indicações, como para prevenção de doenças por meio de suas propriedades antioxidantes, anti-hipertensivas e antiglicêmicas, sendo amplamente utilizadas na homeopatia.

Conhecer as características das diferentes espécies de *Passiflora* em relação ao ciclo fenológico, uniformidade de maturação, duração do ciclo e florescimento é essencial para subsidiar pesquisas relacionadas ao melhoramento genético e fornecer informações a respeito do cultivo e da propagação das passifloras.

A utilização de sementes de alto vigor reflete diretamente no estabelecimento da cultura, de modo que definir o estágio que o fruto atinge maturidade fisiológica é importante, pois também define o momento de máximo poder germinativo da semente.

A aplicação da análise de imagem de sementes vem se destacando nas pesquisas por permitir uma rápida avaliação da qualidade física de um lote de sementes, além de não ser um método destrutivo, proporcionando a posterior utilização da semente em um teste de germinação.

Dentre os métodos de análise de imagem, o raios-x se destaca por permitir avaliar a morfologia interna das sementes, classificando-as em cheias ou vazias. Já a análise de imagem computadorizada representa um avanço na otimização do tempo utilizado para obtenção de dados referentes ao vigor e na redução da tendenciosidade das análises, uma vez que é pouco influenciado pelo analista, resultando em tomadas de decisões mais ágeis e precisas.

Este método consiste na avaliação da morfologia externa de sementes e plântulas, descrevendo a categorização das características agregadas ao tamanho, cor, forma, textura, entre outros. Diante do exposto, o objetivo

do presente trabalho foi avaliar a qualidade de sementes de *Passiflora cincinnata* em função do estágio de desenvolvimento do fruto por meio de teste de raios-X e análise de imagem através do sistema GroundEye®.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Sementes e Plantas Ornamentais do *Campus* Universitário de Cáceres, MT, da Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos Alberto Reys Maldonado” (UNEMAT), e no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras, MG, sendo as coletas e análises realizadas entre agosto e setembro de 2019.

O estudo da espécie *Passiflora cincinnata* foi realizado em quatro estádios de maturação dos frutos: verde, “de vez”, maduro e senescente, representados na Tabela 1. As sementes utilizadas nos experimentos foram obtidas de frutos colhidos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), implantado no campo experimental em área adjacente ao *Campus* Universitário de Cáceres. A região onde as sementes foram coletadas apresenta clima Tropical (Aw), com inverno seco, verão chuvoso e temperatura média anual de 26°C, podendo chegar a 41°C. A pluviosidade anual é de aproximadamente 1.335 mm, concentrada principalmente nos meses de dezembro a março (NEVES *et al.*, 2011).

Tabela 1 – Estádios de maturação de frutos de *Passiflora cincinnata*, de acordo com o número de dias da antese até a colheita dos frutos

Estádios de maturação dos frutos	Número de dias da antese até a colheita dos frutos
Estádio 1 - Verde	43
Estádio 2 - “De vez”	53
Estádio 3 - Maduro	63
Estádio 4 - Senescente	73

Fonte: Autoria própria.

Depois de colhidos, os frutos passaram por processo de extração e limpeza das sementes. A polpa e as sementes foram trituradas em peneira

com cal hidratada, com posterior lavagem em água corrente até a retirada completa da mucilagem. Após o processo de limpeza, as sementes ficaram sobre papel absorvente em bancada por 24 horas, em temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$), para secagem.

Em seguida, as sementes foram acondicionadas em vidros transparentes, fechados hermeticamente e armazenadas em câmara fria, com temperatura de aproximadamente 7°C até o momento da análise das sementes e instalação do experimento.

Antes da análise de imagem, foi determinado o teor de água das sementes para cada um dos estádios de maturação, de acordo com o método da estufa ($105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas), proposto por Brasil (2009). Para tanto, foram utilizadas duas amostras de 20 sementes para cada um dos estádios de maturação, e os resultados foram expressos em porcentagem.

Para o teste de raios-X, as sementes foram fixadas em folhas transparentes com fita dupla-face. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 50 sementes para cada estágio de maturação. Para obtenção das imagens radiográficas, as sementes dispostas nas folhas transparentes foram submetidas à exposição de raios-X, por meio do equipamento Faxitron MX-20 DC 12, com ajuste automático do tempo de exposição e intensidade de radiação. Após obtenção das imagens, as sementes foram classificadas em: cheias (SC) e vazias (SV).

As sementes de *Passiflora cincinnata* foram expostas aos raios-X em intensidade de radiação de 24 kV por 14,1 segundos, proporcionando condição ideal para uma ótima visualização da morfologia interna das sementes.

Para avaliação da morfologia externa, as imagens foram capturadas em alta resolução, pelo equipamento GroundEye®, constituído de um aparelho de captação de informações composto por esteira transportadora e análise em tempo real por vídeo, aliado ao *software* (TBIT, 2014). As quatro repetições de 50 sementes foram colocadas na bandeja de leitura (bandeja de acrílico transparente do equipamento), fixadas em folhas transparentes com fita dupla-face, perfazendo quatro repetições para cada estágio de maturação das sementes.

Após a captura das imagens das sementes pelo GroundEye®, o *software* gerou planilhas dessas informações. Neste estudo, foram avaliadas treze

dominâncias para o descritor coloração, sendo elas: preta, azul, celestial, ciano, oliva, cinza-escuro, cinza-claro, magenta, laranja, púrpura, vermelha, rosa e amarela, além da intensidade e o brilho das cores. Também foram avaliados sete descritores de geometria: área, circularidade, esfericidade da forma, diâmetro máximo, diâmetro mínimo, perímetro e afinamento. Todos os dados foram calculados automaticamente pelo *software* (TBIT, 2014).

A calibração de cor de fundo utilizada foi o modelo CIELab, com matiz entre 0,0 e 100,0; saturação entre -21,4 e 38,6 e brilho de -53,3 a -13,6. O tipo de parâmetro de reconhecimento foram sementes em geral, fundo de preenchimento interior selecionado e o tamanho mínimo de descarte de objeto de 0,01 cm². As sementes analisadas pelo *software* GroundEye® no presente trabalho passaram por correção manual das partes excedentes das sementes.

As sementes provenientes do teste de raios-X e da análise de imagem foram utilizadas para desenvolver o teste de germinação, sendo previamente empregado tratamento para superação da dormência, estabelecido através de pré-testes realizados em laboratório. A superação da dormência foi realizada utilizando o seguinte protocolo: embebição em solução de Promalin® (GA4+7 + N-(fenilmetil)-aminopurina) na concentração de 20000 mg L⁻¹ por 6 horas em BOD a 30°C, na ausência de luz (LIMA, 2020).

Para o teste de germinação, utilizaram-se as sementes previamente tratadas, provenientes do teste de raios-X e da análise de imagem, conservando-se os mesmos tratamentos, com delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento.

As sementes foram dispostas em caixas de acrílico transparente, utilizando como meio de germinação duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com água destilada, em uma proporção de duas vezes e meia a massa do papel seco. As caixas foram acondicionadas dentro de sacos de polietileno transparentes, para a manutenção da umidade, e mantidas em câmara de germinação (BOD), com alternância de temperatura de 20°C – 30°C na ausência de luz, por um período de 30 dias (BRASIL, 2009).

Procedeu-se a avaliação do teste de germinação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Durante os 30 dias de experimento, anotou-se a quantidade de sementes que emitiram radícula,

considerando semente germinada aquela que apresentou rompimento do tegumento e emissão de radícula com pelo menos 2 mm de comprimento (HADDAS, 1976).

As variáveis de germinação do presente trabalho foram calculadas utilizando-se o *software* GerminaQuant 1.0 (Marques *et al.*, 2015), em que, ao término das observações, foram calculados a germinabilidade (%) (transformada em arco seno %), o TMG – tempo médio de germinação, IVG – índice de velocidade de germinação (MAGUIRE, 1962), U – incerteza de germinação (LABOURIAU & VALADARES, 1976) e Z – sincronia de germinação, que indica quando no mínimo duas sementes germinam juntas (PRIMACK, 1980).

Os dados provenientes do teste de raios-X foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey; já os resultados obtidos pelas imagens do GroundEye® foram submetidos ao teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, por meio do programa computacional SISVAR.

A correlação entre as classes de sementes observadas no teste de raios-X e na análise de imagem com os dados de germinabilidade, apresentados pelo teste de germinação, foram realizados considerando-se as variáveis: porcentagem de semente cheia, porcentagem de semente vazia, dominância das cores: preta, azul, celestial, cinza-escuro, cinza-claro, oliva, laranja, púrpura, amarelo, vermelho, rosa, intensidade da cor e brilho; dados de geometria: área, circularidade, esfericidade, diâmetro máximo, diâmetro mínimo, perímetro, afinamento e germinabilidade. Adotou-se como ferramenta estatística o *software* AgroEstat para análise da correlação linear de Pearson.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

O teor de água, das sementes de *P. cincinnata*, foi de 9,64% para as sementes provenientes de frutos no estágio de maturação verde, 8,84% para as sementes de frutos “de vez”, 8,91% para as sementes retiradas de frutos maduros e 8,73% para as senescentes. Os resultados de teor de água demonstram que as sementes foram secas e armazenadas corretamente. Segundo Garcia *et al.* (2008), o alto grau de umidade das sementes é uma das principais causas da perda do poder germinativo durante o armazenamento.

Valores superiores a 20% podem ocasionar o aquecimento da massa de sementes a uma temperatura letal, além de aumentar a taxa respiratória e a ação de micro-organismos (DESAI *et al.*, 1997). Vale ressaltar também que o grau de umidade da semente acima de 20% afeta o nível de absorção dos raios-X pela semente, influenciando a densidade óptica, o que dificulta a visualização do embrião.

Em testes de raios-X, a qualidade da imagem está diretamente relacionada com a intensidade de radiação e tempo de exposição, desta forma foi perfeitamente possível classificar as sementes cheias e vazias através das imagens radiografadas.

Com base nas imagens radiografadas de sementes de *P. cincinnata*, foi possível determinar a quantidade de sementes cheias e vazias dentro de cada estágio de maturação, constatando-se que não houve diferença estatística entre os estádios, obtendo uma proporção média superior a 97% de sementes cheias (Tabela 2).

Tabela 2 – Sementes cheias e vazias de *Passiflora cincinnata*, em função do estágio de maturação dos frutos, identificadas a partir do teste de raios-X

Estádio de maturação dos frutos	Semente cheia (%)	Semente vazia (%)
<i>Passiflora cincinnata</i>		
Estádio 1 - Verde	97 a	3 a
Estádio 2 - “De vez”	100 a	0 a
Estádio 3 - Maduro	98 a	2 a
Estádio 4 - Senescente	97,5 a	2,5 a
CV (%)	1,64	77,37

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

Fonte: Autoria própria.

Esses valores foram próximos aos encontrados por Severiano *et al.* (2018), que, ao avaliarem a qualidade de sementes de maracujá azedo (*P. edulis*) em pleno estágio de maturação, submetidas a diferentes métodos de remoção de arilo, observaram que a maioria das sementes se encontraram na categoria “bem formada”, pelo teste de raios-X, com médias superiores a 96,5% de sementes cheias.

O fruto de *P. cincinnata* pode amadurecer na planta ou após a colheita, quando colhido após completar o desenvolvimento fisiológico. No entanto, há dificuldade para identificação do ponto ideal para ser colhido, pois ele fica aderido na planta por um longo período, sem alterações na coloração adquirida a partir do estágio 3. Portanto, a possibilidade de utilização da técnica de análise de imagens da morfologia interna, para avaliar a qualidade de sementes, é promissora, sendo um método objetivo, em que a semente pode ser examinada individualmente, em imagens ampliadas, e capaz de indicar, com detalhes, a área danificada, sua localização e a extensão dos danos (FORTI *et al.*, 2008).

O desenvolvimento de novas técnicas para avaliação da qualidade física de sementes é importante para a obtenção de lotes de sementes mais uniformes e com maior pureza física. Desta forma, a análise por imagens da morfologia externa da semente tem sido utilizada de maneira eficiente para classificações mais precisas de características como forma, tamanho, textura e cor da semente (VENORA *et al.*, 2007).

Com base nos resultados da análise de imagem da morfologia externa de sementes de *Passiflora cincinnata*, obtidas através do *software* GroundEye®, não houve diferença estatística entre as predominâncias de cor ciano e magenta entre os estádios de maturação, observado na Tabela 3. Observamos no estágio de maturação verde a predominância da cor amarela, seguida de laranja e cinza-escuro; no estágio de maturação “De vez”, a predominância de sementes com a cor laranja, cinza-escuro e amarelo; nos estágios maduro e senescente, sementes de cores cinza-escuro, laranja e preta.

Tabela 3 – Características de predominância de cor (%), intensidade e brilho das cores de sementes de *Passiflora cincinnata*, coletadas de frutos em quatro estádios de maturação, de acordo com o *software* GroundEye®

Cores, intensidade e brilho	Estágios de maturação				CV (%)
	Verde	“De vez”	Maduro	Senescente	
Amarela	50,60 A a	13,16 C b	5,36 E c	5,80 E c	11,41
Azul	1 E b	1 E b	1,04 G a	1,05 F a	4,20
Brilho	0,47 E a	0,40 E b	0,35 G c	0,33 F d	3,98

Cores, intensidade e brilho	Estágios de maturação				
	Verde	“De vez”	Maduro	Senescente	CV (%)
Celestial	0,80 E a	0,51 E b	0,41 G b	0,25 F c	26,96
Ciano	1 E a	1 E a	1 G a	1 F a	1,95
Cinza-claro	1,76 D a	1,86 D a	1,81 F a	1,35 F b	14,59
Cinza-escuro	14,69 C c	30,46 B b	40,51 A a	31,15 A b	7,80
Intensidade	0,43 E a	0,36 E b	0,32 G c	0,30 F d	4,27
Laranja	30,61 B b	45,35 A a	27,45 B b	30,71 B b	9,56
Magenta	1 E a	1 E a	1 G a	1 F a	0,32
Oliva	1,25 E a	1 E b	1 G b	1 F b	7,17
Preta	0,35 E d	4,69 D c	14,18 C b	19,34 C a	37,24
Púrpura	1 E b	1 E b	1,03 G a	1,02 F a	2,45
Rosa	1 E b	1,43 E a	1,60 F a	1,60 F a	31,41
Vermelha	0,17 E d	3,60 D c	7,85 D b	9,66 D a	25,36

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As variáveis de predominância das cores azul, ciano, cinza-claro e magenta foram transformadas em raiz quadrada de $Y+1-SQRT(Y+1)$.

Fonte: Autoria própria.

Há um aumento na porcentagem de sementes nas cores preta, vermelha e rosa, conforme vão avançando os estádios de maturação das sementes. Foi observada a predominância das cores azul e púrpura que apresentaram maior porcentagem nos estádios maduro e senescente.

Por outro lado, o estágio de maturação verde apresentou uma porcentagem maior de sementes com a predominância de cor celestia, oliva, amarela, brilho e intensidade, o que nos permite afirmar que sementes neste estágio de maturação apresentam uma tendência de serem mais claras.

Andrade *et al.* (2016) trabalharam com o *software* GroundEye® na análise de imagem de sementes e investigaram a eficiência desse sistema na detecção de sementes verdes em lotes de soja. Os autores concluíram que o sistema é uma técnica rápida e eficiente na separação de sementes verdes em amostras de soja, com precisão de 99,51%. Outros autores, como Abreu *et al.* (2016), concluíram que a análise de imagens da morfologia externa é uma técnica viável, inovadora e promissora para avaliar a viabilidade e o vigor de sementes de café (*Coffea arabica* L.).

Para as características de geometria, apenas a circularidade no estágio de maturação verde foi o que se diferiu dos demais, com menor valor, evidenciando que geometricamente as sementes de *Passiflora cincinnata* são semelhantes entre os estádios (Tabela 4).

Tabela 4 – Características morfológicas de sementes de *Passiflora cincinnata*, em quatro estádios de maturação dos frutos

Características de geometria avaliadas	Estágios de maturação				CV (%)
	Verde	"De vez"	Maduro	Senescente	
Diâmetro máximo (cm)	0,6 a	0,58 a	0,6 a	0,59 a	5,41
Diâmetro mínimo (cm)	0,34 a	0,34 a	0,35 a	0,34 a	1,77
Circularidade	0,55 b	0,58 a	0,58 a	0,57 a	1,55
Esfericidade	17,63 a	16,8 a	23,25 a	16,99 a	44,29
Área (cm ²)	0,16 a	0,15 a	0,15 a	0,15 a	2,56
Perímetro (cm)	1,67 a	1,62 a	1,71 a	1,64 a	4,94
Afinamento	0,73 a	0,75 a	0,73 a	0,74 a	2,12

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

Isto pode ser um indicativo de que as sementes de *Passiflora cincinnata* atingem seu crescimento máximo próximo dos 43 dias após a antese, porém esse tamanho não é suficiente para indicar o ponto de maturidade fisiológica da espécie.

Para Lopes *et al.* (2014), o tamanho das sementes, o vigor, a germinação, o conteúdo de matéria seca e o teor de água são parâmetros indicadores da maturação fisiológica das sementes. Entretanto, não se pode considerar o tamanho das sementes como um indicador isolado da maturação, e sim avaliá-lo conjuntamente com outros indicadores.

Valores de tamanho e forma de sementes são características particulares de cada espécie, definidas geneticamente, e podem sofrer a influência do ambiente durante e após o período de formação e armazenamento, influenciando as demais propriedades físicas. Esses dados são utilizados para o dimensionamento do tamanho e da forma dos furos das peneiras em equipamentos destinados à separação e classificação de sementes (CORRÊA & SILVA, 2000).

Já nas variáveis Germinabilidade, Tempo Médio de Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Incerteza de Germinação (U) e Sincronia de Germinação (Z), os estádios de maturação maduro e senescente diferiram estatisticamente dos demais com maior porcentagem de germinação e IVG (tabela 5).

Tabela 5 – Germinabilidade (GERM%), Tempo Médio de Germinação (TMG), Velocidade Média de Germinação (VMG), Incerteza de Germinação (U) e Sincronia de Germinação (Z) das sementes em função de quatro estádios de maturação dos frutos de *Passiflora cincinnata*

Estádios de maturação dos frutos	GERM (%)	TMG (dias)	IVG	U (bits)	Z
Estádio 1 – Verde	35,50 b	9,19 a	2,06 b	2,80 a	0,11 a
Estádio 2 – “De vez”	44 b	15,74 c	1,63 b	3,30 b	0,07 a
Estádio 3 – Maduro	56 a	10,65 b	3,11 a	3,25 b	0,09 a
Estádio 4 – Senescente	66 a	14,91 c	2,48 a	3,39 b	0,10 a
CV (%)	17,41%	7,11%	18,52%	6,04%	20,35%

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Santos *et al.* (2016), frutos de *Passiflora alata*, *P. cincinnata*, *P. edulis* e *P. setacea* podem ser colhidos nos estádios maduro e senescente visando ao fornecimento de sementes para multiplicação de plantas sem prejuízo à emergência. Os dados de Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (Tabela 5) corroboram com o que se obteve de germinação, evidenciando os estádios de maturação que proporcionaram sementes com maior potencial de germinação.

O estágio de maturação verde foi o que apresentou menor Tempo Médio de Germinação e Incerteza de Germinação (Tabela 5), inferindo que, apesar de apresentar menor porcentagem de germinabilidade, as sementes oriundas de frutos, nesse estágio de maturação, germinaram de maneira uniforme, concentrada nos primeiros dias da elaboração do teste.

Já no que diz respeito à Sincronia de Germinação (Z) (Tabela 5), não houve diferença estatística entre os estádios de maturação, apontando que

as sementes apresentaram grau semelhante de germinação de sobreposição, ou seja, germinação uniforme.

Na tabela 6 temos a matriz de correlação de Pearson que compara germinabilidade de sementes de *P. cincinnata* com as demais variáveis, deixando evidente as características que interferem negativa ou positivamente sobre o efeito desta característica.

Tabela 6 – Matriz de correlação de Pearson entre germinabilidade e porcentagem de semente cheia, porcentagem de semente vazia, dominância das cores, diâmetro, circularidade, esfericidade, área, perímetro e afinamento de sementes de *Passiflora cincinnata*, submetidas ao teste de raios-X, análise de imagem e germinação

	Germinabilidade
Semente cheia	-0,1077 ^{ns}
Semente vazia	0,10769 ^{ns}
Preta	0,99607**
Azul	0,952647*
Celestial	-0,96229*
Cinza-escuro	0,70211 ^{ns}
Cinza-claro	-0,7208 ^{ns}
Oliva	-0,7407 ^{ns}
Laranja	-0,3419 ^{ns}
Púrpura	0,85385 ^{ns}
Vermelho	0,988864*
Rosa	0,87983 ^{ns}
Amarelo	-0,8272 ^{ns}
Intensidade	-0,95638*
Brilho	-0,96438*
Diâmetro máximo	-0,0748 ^{ns}
Diâmetro mínimo	0,28011 ^{ns}
Circularidade	0,51057 ^{ns}
Esfericidade	0,21780 ^{ns}
Área	-0,7407 ^{ns}
Perímetro	0,04769 ^{ns}
Afinamento	0,07477 ^{ns}

*** Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Autoria própria.

O estudo das correlações entre caracteres tem aplicações em praticamente todos os campos de pesquisa, de modo que a correlação simples permite apenas avaliar a magnitude e o sentido da associação entre dois caracteres, sem fornecer informações necessárias relativas aos efeitos diretos e indiretos de um grupo de caracteres em relação a um caractere dependente de maior importância (CRUZ *et al.*, 2004).

Para as variáveis semente cheia e vazia, resultante do teste de raios-x, predominância das cores cinza escuro, cinza claro, oliva, laranja, púrpura, rosa e amarelo, para as características de geometria diâmetro máximo, diâmetro mínimo, circularidade, esfericidade, área, perímetro e afinamento, não houve correlação significativa com o caractere germinabilidade.

Por outro lado, para as características intensidade e brilho das sementes, verificaram-se diferenças significativas, a 5% de probabilidade, sendo esta diferença negativa, o que demonstra que sementes com maior intensidade e brilho causam um efeito desfavorável sobre a germinação. Como foi discutido anteriormente, a maior porcentagem da intensidade e do brilho é observada nas sementes no estágio verde, e observamos nesse estágio as menores taxas de germinação.

No que diz respeito a predominâncias das cores preta, azul e vermelha, foi possível observar uma correlação positiva no que diz respeito à germinabilidade. A cor celestial apresentou uma correlação negativa, demonstrando que sementes com predominância desta cor apresentaram tendência de menor capacidade de germinação.

Vale ressaltar que a maior dominância das cores preta, azul e vermelha foram encontradas em sementes de frutos nos estádios mais avançados de maturação, maduro e senescente, sendo estes os que apresentaram maior germinabilidade.

Portanto, infere-se, pelos resultados obtidos no teste de germinação e na análise de imagem, que, quanto mais tardio for colhido o fruto de *P. cincinnata*, ou seja, maduro e senescente, melhor a germinabilidade das sementes. Sendo assim, os resultados da correlação de Pearson corroboram com os demais testes realizados.

Pelos resultados obtidos neste trabalho, a utilização do teste de raios-X em sementes de *Passiflora* é extremamente promissora na detecção da

qualidade fisiológica das sementes entre os estádios de maturação dos frutos, auxiliando na separação de sementes vazias, considerando-as inviáveis para a utilização imediata ou para o armazenamento.

4 CONCLUSÕES

O sistema GroundEye® permite estabelecer parâmetros de lotes de sementes de *Passiflora* em função dos estádios de maturação dos frutos que podem ser destacados como um teste de vigor rápido e tão confiáveis quanto os testes tradicionais.

As sementes de *P. cincinnata* podem ser coletadas de frutos nos estádios maduro e senescente, sem prejuízo à qualidade fisiológica.

AGRADECIMENTO

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, por oportunizarem a pesquisa. À Universidade Federal de Lavras e ao Laboratório Central de Sementes, por permitir a utilização dos equipamentos de raios-X e sistema GroundEye®. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos e apoio financeiro. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. A. S.; ANDRADE, D. B.; MARQUES, E. R.; ASSIS, J. G. R.; LOPES, C. A.; CARVALHO, M. L. M. Computerized analysis in the physiological quality of coffee seeds. *International Journal of Current Research*, [s.l.], v. 8, p. 40820-23, 2016. Acesso em: 15 nov. 2019.

ANDRADE, D. B.; OLIVEIRA, A. S.; PINTO, C. A. G.; PIRES, R. M. O.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, M. A.; CARVALHO, M. L. M. Detection of green seeds in soybean lots by the Seed Analysis System (SAS). *International Journal of Current Research*, [s.l.], v. 8, p. 26462-65, 2016. Acesso em: 15 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Coordenação de Laboratório Vegetal, Departamento de

Defesa Vegetal, 2009. 399 p.

CORRÊA, P. C.; SILVA, J. S. Estrutura, composição e propriedade dos grãos. In: SILVA, J. S. *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. Viçosa: [s.n.], 2000. p. 21-37.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

DESAI, B. B.; KOTTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. *Seeds handbook Biology, production, processing and storage*, 1997. V. 1, 627.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Análise de imagens na avaliação de danos mecânicos e causados por percevejos em sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, [s.l.], v. 30, p.121-30, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100016>

GARCIA, L. C.; MORAES, R. P.; LIMA, R. M. B. Determinação do grau crítico de umidade em sementes de *Cenostigma tocantinum* Ducke. *Revista Brasileira de Sementes*, [s.l.], v. 30, p. 172-6, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000300023>

HADDAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. *Journal of Experimental Botany*, [s.l.], v. 52, p. 480-9, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/27.3.480>

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 48, p. 263-84, 1976.

LOPES, I. S.; NOBREGA, A. M. F.; MATOS, V. P. Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Smith. *Ciência Florestal*, [s.l.], v. 24, n. 3, p. 565-72, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/jNGNRQ97G47YDJ6W7pjXYPM/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 jan. 2020.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, [s.l.], v. 2, p. 176-7, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MARQUES, F. R. F.; MEIADO, M. V.; CASTRO, N. M. C. R.; CAMPOS, M. L. O.; MENDES, K. R.; SANTOS, O. O.; POMPELLI, M. F. GerminaQuant: a new tool for germination

measurements. *Journal of Seed Science*, [s.l.], v. 37, p. 248-55, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n3145605>

NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/ MT – Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídios às atividades agropecuárias e turísticas municipais. *Boletim Goiano de Geografia*, [s.l.], v. 31, p. 55-68, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v31i216845>

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. *Journal of Ecology*, v. 68, n. 3, p. 849-62, 1980. DOI: <https://doi.org/10.2307/2259460>

SANTOS, C. H. B.; CRUZ NETO, A. J.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Estádio de maturação de frutos e influência de ácido giberélico na emergência e crescimento de *Passiflora* spp. *Revista Ciência Agronômica*, [s.l.], v. 47, n. 3, p. 481-90, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160058>

SEVERIANO, R. L.; PINHEIRO, P. R.; GOMES JUNIOR, F. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. X-ray test on passion fruit submitted to different aryl removal methods. *Comunicata Scientiae*, [s.l.], v. 9, p. 356-62, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v9i3.2706>

TBIT TECNOLOGIA S. A. *Manual do Usuário SAS – Sistema de Análise de Sementes*. 1. ed. Lavras, MG: [s.n.], 2014. 152 p.

VENORA, G.; OSCAR, G.; SHAHIN M.A.; SYMONS, S. Identification of Sicilian landraces and Canadian cultivars of lentil using an image analysis system. *Food Research International*, [s.l.], v. 40, p. 161-6, 2007.

