

BRUNO ANTONIO LEMOS DE FREITAS

**ÉPOCA DE COLHEITA E BENEFICIAMENTO NA QUALIDADE DE SEMENTES
DE *Crambe abyssinica* DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo

Coorientador: Roberto Fontes Araujo

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

F866e
2021

Freitas, Bruno Antonio Lemos de, 1990-
Época de colheita e beneficiamento na qualidade de
sementes de *Crambe abyssinica* durante o armazenamento /
Bruno Antonio Lemos de Freitas. – Viçosa, MG, 2021.
1 tese eletrônica (93 f.): il.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.129>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Crambe abyssinica*. 2. Sementes - Qualidade.
3. Sementes - Fisiologia. 4. Germinação. 5. Beneficiamento.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 631.521

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

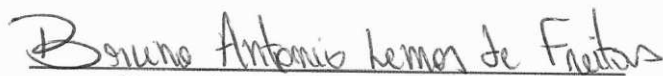
BRUNO ANTONIO LEMOS DE FREITAS

**ÉPOCA DE COLHEITA E BENEFICIAMENTO NA QUALIDADE DE
SEMENTES DE *Crambe abyssinica* DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 23 de junho de 2021.

Assentimento:



Bruno Antonio Lemos de Freitas

Autor



Eduardo Fontes Araujo

Orientador

AGRADECIMENTOS

Foram muitas as pessoas que trilharam esse caminho comigo, e eu devo agradecê-las.

Primeiro, um agradecimento especial à minha mãe e meus familiares pelo apoio incondicional que deram a mim. Sempre tive um porto seguro para retornar, para chamar de casa, e isso me deu forças para seguir.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realizar a minha pesquisa. E também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço aos professores, técnicos e secretárias da Fitotecnia, por toda ajuda que disponibilizaram. Destaco aqui os professores Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias e Laércio Junio da Silva, por serem exemplos de profissionais e por contribuírem para minha formação em sementes.

Devo um agradecimento especial, ao meu orientador, Professor Eduardo Fontes Araujo, pela confiança que depositou em mim e neste trabalho. A educação e prestatividade são qualidades que sempre me impressionaram nele. Agradeço também ao meu coorientador Roberto Fontes Araujo, pelas contribuições e disponibilidade para reuniões. É graças a eles, e ao meu grande amigo José Geraldo, que esta pesquisa ganhou vida.

Ao longo desses quase 5 anos, muitas pessoas passaram pelos laboratórios de sementes e alguns eu posso chamar de amigos. Agradeço a todos os sementeiros que tornaram o ambiente de trabalho mais descontraído, e que ao final do dia me acompanhavam pra tomar um chopp e permanecer discutindo sobre artigos e trabalhos. O tema ‘sementes’ nunca deixou de estar presente, até durante as reuniões fora da UFV.

Por fim, deixo um agradecimento especial aos amigos que se tornaram minha família em Viçosa, e que, por muitas vezes, me apoiaram, distraíram e fizeram esquecer alguns problemas. Não há título mais importante que as amizades que construímos nessa cidade.

A todos que contribuíram para concretização deste trabalho,

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Bruno Antonio Lemos de Freitas, filho de Josefa Mari Almeida Lemos e José Antonio Pereira de Freitas (*in memoriam*), nasceu na cidade do Rio de Janeiro - RJ, em 12 de fevereiro de 1990.

Iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Sergipe (UFS) no ano de 2008. Durante a graduação passou pelos laboratórios de Entomologia Florestal e de Sementes Florestais. Foi bolsista Pibic realizando uma pesquisa voltada para a área de ecologia florestal no Laboratório de Sementes e sob orientação do Prof. Dr. Robério Ferreira Anastácio (Departamento de Ciências Florestais). Foi também estagiário no laboratório de Conservação, Melhoramento e Gestão de Recursos Genéticos, ligado ao Departamento de Agronomia, onde realizou estudos de diversidade genética de espécies nativas e reuniões participativas com as populações ribeirinhas.

Concluiu a graduação no ano de 2013 com a defesa do trabalho de conclusão de curso intitulado “Estudo etnobotânico no Assentamento São Judas Tadeu, no município de Porto da Folha, Sergipe”.

Em 2014 iniciou o mestrado em Agricultura e Biodiversidade na UFS, atuando na área de concentração de Recursos genéticos, biodiversidade e bioprospecção, sob orientação da Profa. Dra. Renata Silva-Mann. Em fevereiro de 2016 o mestrado foi concluído com a defesa da dissertação intitulada “Conhecimento local e diversidade morfo-genética como subsídios para conservação da mangaba”.

No segundo semestre de 2016 iniciou o doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob orientação do Prof. Dr. Eduardo Fontes Araujo, na área de Produção e Tecnologia de Sementes.

RESUMO

FREITAS, Bruno Antonio Lemos de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2021. **Época de colheita e beneficiamento na qualidade de sementes de *Crambe abyssinica* durante o armazenamento.** Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientador: Roberto Fontes Araujo.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma oleaginosa utilizada, principalmente, como matéria-prima para produção de biodiesel, devido ao elevado teor de óleo de suas sementes. Embora na última década tenham surgido estudos relacionados à produção e qualidade de sementes dessa espécie, estes são ainda pouco representativos quanto à época ideal de colheita. Além disso, há poucos relatos sobre técnicas eficientes que contribuam para manutenção da qualidade das sementes durante o armazenamento e sobre linhas de beneficiamento que resultem em lotes mais vigorosos. Desta maneira, torna-se imprescindível determinar o ponto de colheita adequado, avaliar os resultados de determinadas ações de beneficiamento, assim como o efeito do armazenamento na qualidade fisiológica, visando à preservação das sementes. Logo, no primeiro capítulo desta tese, objetivou-se avaliar a qualidade física e fisiológica das sementes de crambe provenientes de diferentes épocas de colheita (campo de produção com 60, 80 e 100% dos frutos maduros), separadas de acordo com a coloração das sementes (verdes, marrons e sem separação) e submetidas ao armazenamento. Para tal, estabeleceram-se sete tratamentos: **60/SV** – sementes verdes colhidas em 60%; **60/SM** - sementes marrons colhidas em 60%; **60/SVM** - sementes verdes e marrons colhidas em 60%; **80/SV** - sementes verdes colhidas em 80%; **80/SM** - sementes marrons colhidas em 80%; **80/SVM** - sementes verdes e marrons colhidas em 80%; e **100/SM** - sementes marrons colhidas em 100%, que foram armazenados, durante um ano, em sala climatizada com temperatura aproximada de 20 °C e UR do ar de 55%, e avaliados a cada 3 meses por meio de testes de germinação e vigor. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias relacionadas à época de colheita/ coloração das sementes foram analisadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e os efeitos do tempo de armazenamento, por análise de regressão. Concluiu-se que as sementes verdes colhidas em 60% e 80% apresentaram maior área. As sementes marrons colhidas em 80% e 100% dos frutos maduros mantêm a qualidade fisiológica por mais tempo e que sementes verdes apresentam, inicialmente, menor qualidade e a perdem mais rapidamente. No segundo capítulo, objetivou-se avaliar a qualidade física, fisiológica e

sanitária das sementes de crambe beneficiadas em diferentes fluxos, e após um ano de armazenamento. Para isso, foram definidos dez tratamentos que consistiram nas sementes provenientes das seguintes sequências de equipamentos: 1- máquina de ar e peneiras (**MAP**); 2- MAP e separador espiral saída sementes arredondadas (**MAP + EA**); 3- MAP e separador espiral saída de sementes não arredondadas (**MAP + EM**); 4- MAP e mesa de gravidade saída alta (**MAP + MGA**); 5- MAP e mesa de gravidade saída média (**MAP + MGM**) ; 6- MAP e mesa de gravidade saída baixa (**MAP + MGB**); 7- MAP e mesa de gravidade saída de descarte (**MAP + MGD**); 8- MAP + deriva da mesa de gravidade (**MAP + DE**); 9- (**MAP + EA + MGA**); e 10- (**MAP + EN+ MGB**). Análise das qualidades físicas (testes de raios-x), fisiológicas (germinação e vigor) e sanitária (incidência e porcentagem de fungos) foram realizadas imediatamente após o beneficiamento e após o armazenamento, nas mesmas condições do trabalho anterior (20 °C e UR do ar de 55%). Conclui-se que o beneficiamento melhora da qualidade física, fisiológica e sanitária dos lotes de sementes de crambe, e recomenda-se a utilização da máquina de ar e peneiras (MAP), seguida pelo separador espiral (E). Além disso, as sementes beneficiadas de crambe mantêm a qualidade fisiológica por um ano.

Palavras-chave: Crambe. Maturação. Germinação. Vigor. Fluxograma de beneficiamento.

ABSTRACT

FREITAS, Bruno Antonio Lemos de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2021.
Harvest time and processing on the quality of *Crambe abyssinica* seeds during storage.
Advisor: Eduardo Fontes Araujo. Co-Advisor: Roberto Fontes Araujo.

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) is an oilseed used mainly as a raw material for the production of biodiesel, due to the high oil content of its seeds. Although studies related to the production and quality of this species seeds have appeared in the last decade, they are still not very representative regarding their longevity. In addition, there are few reports on efficient techniques that contribute to maintaining seed quality during storage and on processing lines that result in more vigorous batches. Therefore, it is essential to determine the appropriate harvest point, to evaluate the results of certain processing actions, as well as the effect of storage on physiological quality, aiming at the preservation of seeds. Therefore, in the first chapter of this thesis, the objective was to evaluate the physical and physiological quality of crambe seeds from different harvest times (60, 80 and 100% of the ripe fruits), separated according to the color of the seeds (green, brown and without separation) and subjected to storage. To this end, seven treatments were established: **60/SV** - green seeds harvested in 60%; **60/SM** - brown seeds harvested in 60%; **60/SVM** - green and brown seeds harvested at 60%; **80/SV** - green seeds harvested in 80%; **80/SM** - brown seeds harvested in 80%; **80/SVM** - green and brown seeds harvested in 80%; and **100/SVM** - green and brown seeds harvested in 100%, which were stored in an air-conditioned room with an approximate temperature of 20 ° C and air RH of 55%, and evaluated every 3 months through germination and vigor tests. In conclusion, the brown seeds harvested in 80% and 100% maintained the physiological quality for longer and green seeds lost it more quickly. In the second chapter, the objective was to evaluate the physical, physiological and sanitary quality of crambe seeds, processed in some equipment used in a processing unit, and after one year of storage. For that, ten treatments were defined, which consisted of the seeds coming through the following sequences of equipment: 1- air machine and sieves (**MAP**); 2- MAP and spiral separator for rounded seeds (**MAP + EA**); 3- MAP and spiral separator leaving non-rounded seeds (**MAP + EN**); 4- MAP and high output gravity table (**MAP + MGA**); 5- MAP and medium exit gravity table (**MAP + MGM**); 6- MAP and low output gravity table (**MAP + MGB**); 7- MAP and gravity table for disposal (**MAP + MGD**); 8- MAP + derives from the gravity table (**MAP + DE**); 9- (**MAP + EA + MGA**); and 10- (**MAP + EN + MGB**). Analysis of physical

(x-ray tests), physiological (germination and vigor) and sanitary (fungi incidence and percentage) qualities were carried out immediately after beneficiation and after one year of storage, under the same conditions as the previous work (20 °C) and air RH of 55%). It was concluded that the beneficiation improves the physical, physiological and sanitary quality of the batches of crambe seeds, and it is recommended to use the air machine and sieves (MAP), followed by the spiral separator (E). In addition, processed crambe seeds maintain their physiological quality for longer.

Keywords: Crambe. Maturation. Germination. Vigor. Beneficiation lines.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPÍTULO 1	19
Efeito da época de colheita e da coloração na qualidade de sementes de crambe durante o armazenamento.....	19
RESUMO	19
CHAPTER 1.....	21
Effect of harvesting time and coloring on the quality of crambe seeds during storage	21
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS	28
a) Alterações físicas	28
b) Análise da morfologia interna.....	30
c) Germinação (%)	33
d) Primeira Contagem de germinação (%)	36
e) Emergência de Plântulas (%)	39
f) Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	42
DISCUSSÃO	44
a) Qualidade física.....	44
b) Qualidade fisiológica	46
CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO 2	56
Efeito do beneficiamento e do armazenamento na qualidade física, fisiologia e sanitária de sementes de <i>Crambe abyssinica</i>	56
RESUMO	56
CHAPTER 2.....	58
Effect of processing and storage on physical, physiological and health quality of <i>Crambe abyssinica</i> seeds.....	58
ABSTRACT	58
INTRODUÇÃO.....	59
MATERIAL E MÉTODOS.....	61

Análise da qualidade física das sementes	63
Análise da qualidade fisiológica das sementes.....	64
Análise da qualidade sanitária das sementes	65
Análise estatística	65
RESULTADOS	66
Qualidade física das sementes	66
Qualidade fisiológica das sementes	71
Qualidade sanitária das sementes	78
DISCUSSÃO	80
Qualidade física das sementes	80
Qualidade fisiológica das sementes	82
Qualidade sanitária das sementes	87
CONCLUSÕES	88
AGRADECIMENTO	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

INTRODUÇÃO GERAL

A família Brassicaceae é composta por muitas espécies de hortaliças, como o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*), a couve (*B. oleracea* var. *acephala*), a couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), o brócolis (*B. oleracea* var. *italica*), a couve-de-bruxelas (*B. oleracea* var. *gemmifera*), a rúcula (*Eruca sativa*) e o rabanete (*Raphanus sativus*) (MOREIRA & BRAGANÇA, 2010). Além das hortaliças, essa família enquadra algumas espécies de oleríferas, como a colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), a canola (*B. napus*), o nabo (*B. campestris*), a mostarda (marrom - *B. juncea*; branca - *B. alba*; preta - *B. nigra*), e em especial o crambe (FUNDAÇÃO MS, 2013),

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie originada no Mediterrâneo e adaptada aos vários climas da Europa devido à sua rusticidade; foi introduzido no Brasil, por volta de 1995, pela Fundação Mato Grosso do Sul. A sua implantação se deu com o objetivo de ser utilizado como cobertura de solo e rotação de cultura, visto que podia ser cultivado durante a safrinha, a fim de evitar problemas fitossanitários, realizando a rotação com trigo, sorgo, aveia e soja (RUAS et al., 2010; PITOL, 2008).

Esta espécie adaptou-se, principalmente, à região Centro-Sul do Mato Grosso do Sul, ao Estado do Paraná e ao Sul de São Paulo, onde apresentou viabilidade de cultivo comercial. No entanto, apesar de sua boa adaptação e da produção de grãos ser satisfatória, a cultura não despertou tanto interesse, pois, não apresentava mercado promissor (PITOL, 2008).

Em meados de 2005, com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que incentivou a produção e o uso de biodiesel, o crambe voltou a ser considerado, devido ao fato de poder ser produzido em épocas adversas (outono/inverno). Com isso, foram retomados os trabalhos de pesquisa que culminaram com a recomendação da espécie para a produção de biocombustível. Relatos estimam que com uma produção, em média, de 1.500 kg ha⁻¹, possa obter, aproximadamente, 570 kg de óleo (FUNDAÇÃO MS, 2008).

A planta de crambe apresenta hábito herbáceo e ciclo anual. Além disso, pode atingir aproximadamente um metro de altura, e apresentar mais de 30 ramificações que se dividem em galhos terciários. As folhas são lisas, ovais e assimétricas, e o pecíolo é pubescente. O sistema radicular é pivotante e profundo (DESAI et al., 2004; COLODETTI et al., 2012).

A inflorescência é do tipo racemo, com coloração branca ou amarela. Origina frutos do tipo siliqua que inicialmente são verdes, mas tornam-se marrons com a maturidade (FALASCA et al., 2010). As sementes são arredondadas e apresentam-se envolvidas por uma estrutura tegumentar denominada pericarpo. Ademais, são ricas em teor de óleo, sendo superior a 35%, e constituída por até 62% de ácido erúico (FAVARO et al., 2010).

O crambe se destaca por apresentar características importantes, como baixo custo de produção, ciclo curto e tolerância à estiagem e à baixa temperatura (MULLER, 2008), o que o torna capaz de superar o clima quente e seco do centro-oeste brasileiro (MACHADO et al., 2007). Devido a isso, pode ser plantado em época que os riscos para outras espécies são mais elevados (PITOL et al., 2010).

De modo geral, é uma cultura tolerante à seca e a períodos chuvosos ou de alta umidade relativa do ar durante o período vegetativo. Além disso, é tolerante ao frio, exceto após a emergência e no florescimento, quando a ocorrência de geadas causa abortamento das flores (NEVES et al., 2007).

O crambe não tolera encharcamento do solo, por isso, há necessidade de locais com precipitação média anual de 350 a 1200 mm para seu cultivo, além de temperatura média anual na faixa de 5,7 a 16,2 °C (IENICA, 2002).

Apresenta certa tolerância ao estresse hídrico que é um dos principais fatores limitantes da produção agrícola, pois, afeta negativamente a germinação, o estande e o desenvolvimento. As sementes de crambe submetidas a essa condição toleram potenciais osmóticos de até -0,2 MPa, induzido por PEG 6000. Potenciais osmóticos inferiores são prejudiciais à germinação, o que impede o desenvolvimento de plântulas normais. Potenciais inferiores a -0,6 MPa tornam a germinação inviável (TEXEIRA et al., 2011).

As sementes do crambe são também moderadamente tolerante a solos salinos durante a germinação (FALASCA et al., 2010). Em situações de estresse induzido por KCl e NaCl, observa-se diminuição da germinação, do comprimento e da massa de matéria seca à medida que aumenta a dose do elemento. Além disso, vale ressaltar que, a partir do potencial osmótico -0,6 MPa para o NaCl e -0,8 MPa para o KCl, a germinação é totalmente inibida (JANEGITZ et al., 2011).

Em solos com metais pesados, como cádmio, chumbo e cromo, a cultura age como fitorremediadora, pois as sementes apresentam-se como adsorventes e contribuem na remoção desses elementos. Esta é considerada uma opção de baixo custo, pois gera um subproduto que não requer tratamento. Entretanto, em solos ricos em alumínio, tóxico à germinação, as plântulas apresentam problemas radiculares (BROCH & ROSCOE, 2010).

O ciclo do crambe é considerado curto, uma vez que floresce em 35 dias e pode ser colhido entre 90 e 100 dias após o plantio. À medida que as sementes se aproximam do amadurecimento, adquirem cor de palha, as folhas tornam-se amareladas e caem, e a planta seca (FUNDAÇÃO MS, 2013).

Outra característica desta espécie que afeta a produção de sementes de qualidade e a produtividade, é o hábito de crescimento indeterminado. O florescimento e a maturação das sementes são contínuos e, em uma mesma planta, são encontradas sementes em diferentes estádios de maturação. Esse fator acaba por dificultar a determinação da época ideal de colheita. Algumas outras espécies que apresentam essa mesma característica, são o grão-de-bico, lentilha e ervilha.

Oliveira et al. (2014) avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de crambe da cultivar FMS Brilhante, provenientes de cinco diferentes épocas de colheita, sendo que a primeira foi aos 14 dias após a floração, quando aproximadamente 50% das plantas apresentavam floração plena, e as demais colheitas em intervalos de seis dias. Os autores afirmam que a maior qualidade fisiológica ocorre no período de 14 a 26 dias após a floração, que representa uma soma térmica de 1111,1 a 1302,15 graus dia.

Amaro et al. (2021) avaliaram o efeito de estádios de maturação e temperaturas de secagem no teor de óleo e no desempenho fisiológico de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante. Concluíram que o máximo teor de óleo é atingido em colheitas realizadas a partir de 70% do total de frutos marrons e que as temperaturas de secagem não afetam na porcentagem de óleo. Em relação à qualidade fisiológica das sementes, colheita deve ser realizada quando as plantas apresentarem entre 75 e 85% de frutos marrons, sendo recomendada a secagem artificial a 30 e 45 °C para a espécie.

Além disso, a colheita do crambe pode ser antecipada com glifosato, em diferentes épocas de dessecação. Esse produto é eficiente e a precocidade afeta positivamente a

germinação e o vigor das sementes, sendo indicada a aplicação com 90% das sementes de coloração marrom, aos 103 dias após a semeadura (CANGUSSÚ et al., 2018).

Em relação às pesquisas de época de colheita em outras espécies, Zanotto et al. (2021) avaliaram a época ideal de sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), que, assim como o crambe, apresentam irregularidade de produção de frutos e sementes com consequências na produção. Três genótipos (2106, S-325 e 7329) foram colhidos em 10 épocas diferentes (entre 16 dias após o florescimento (DAF) e 52 DAF). Observaram que a época de colheita mais adequada para o cártamo ocorreu entre 34 e 42 DAF, quando as sementes apresentam teor de água entre 26% e 33%.

Sbrussi et al. (2014) avaliaram frutos e cálices de fisális (*Physalis peruviana*) de diferentes colorações, a fim de determinar melhor época de colheita. Estudaram cinco estádios de maturação: cálice e fruto verde; cálice verde e fruto amarelo; cálice verde-amarelo e fruto amarelo; cálice palha e fruto amarelo; cálice palha-marrom e fruto amarelo intenso, e observaram que quanto mais próximo da maturidade fisiológica, maiores eram o diâmetro, comprimento e massa seca dos frutos. Além disso, notaram que não há interferência dos estádios de maturação na germinação e vigor das sementes.

Há ainda trabalhos nesta linha de pesquisa para espécies florestais. Cruz et al. (2021), em sementes de *Anadenanthera colubrina*, separaram os frutos em quatro estádios de maturação, baseado na cor, em verde-amarelo moderado; castanho-escuro; castanho-escuro avermelhado; e castanho-claro. Foram avaliadas variáveis físicas e fisiológicas e constatado que as maiores sementes eram provenientes de frutos verdes e castanho-escuros e que as sementes dos frutos com cores castanho-escuro avermelhado e castanho-claro apresentaram menor grau de umidade e alto qualidade fisiológica, devendo a colheita ser realizada nesses estádios de frutos.

Para muitas culturas propagadas por sementes, a época de colheita não coincide com a época mais adequada para a semeadura, sendo obrigatório o armazenamento delas. Durante o armazenamento, as sementes estão sujeitas a alterações degenerativas como a desestabilização da atividade de enzimas e a desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares. Em sementes oleaginosas, como o crambe, o potencial de armazenamento é menor que nas amiláceas, devido a menor estabilidade química dos lipídeos (McDONALD, 1999).

O armazenamento de crambe (teor de água 7%) em embalagens de saco de polietileno e embalagens de plástico rígido, com fechamento hermético, e em condições ambiente e câmara fria e seca, foi avaliado por Massetto e et al. (2013). Nessas condições, observa-se que a germinação e o vigor não são influenciados pelos tratamentos e períodos de armazenamento, sendo possível o acondicionamento em embalagem impermeável durante 180 dias de armazenamento, em condição de 15 ± 2 °C e 45% de UR.

Embora na última década tenham surgido estudos relacionados à produção e qualidade de sementes de *Crambe abyssinica*, as informações ainda são insuficientes e as pesquisas que se aprofundam na qualidade fisiológica são contraditórias, evidenciando uma carência de informações a respeito desse assunto.

Além disso, não são relatados em literatura estudos sobre a longevidade das sementes obtidas em diferentes épocas de colheita bem como sobre linhas de beneficiamento que resultem em lotes mais vigorosos. Desta maneira, torna-se imprescindível determinar o ponto de colheita adequado, avaliar os resultados de determinadas ações de beneficiamento, assim como o efeito do armazenamento na qualidade fisiológica das sementes, visando à preservação da qualidade das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, H. T. R.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L.A.S.; SILVA, F. W. S.; DAVID, A. M. S. S. . Maturation fruits and drying on quality of crambe seeds. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. 1-12, 2021
- BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.224-230, 2015.
- BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracajú: FUNDAÇÃO MS, v. 1, p. 22-36, 2010.
- CANGUSSÚ, L. V. S.; DAVID, A. M. S. S.; ARAUJO, E. F.; ALVES, R. A.; NUNES, R. A.; AMARO, H. T. R.; Physiological quality of seeds of crambe desiccated at pre-harvest with glyphosate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.8, p.577–582, 2018.
- COLODETTI, T.V.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; BRINATE, S.V.B.; TOMAZ, M.A. Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 258-269, 2012.
- CRUZ, M. S. F. V.; MALAVASI, M. M.; RISTAU, A. C. P.; MALAVASI, U. C.; DRANSKI, J. A. L. Seed maturity of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 515-532, 2021.
- DESAI, B.B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2004. 787 p.
- DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidades química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.231-237. 2015
- FALASCA, S.L.; FLORES, N.; LAMAS, M.C.; CARBALLO, S.M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: an almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, p. 5808-5812, 2010.
- FAVARO, S. P.; ROSCOE, R.; DELMONTES, A. M. A.; MENDONÇA, B. P. C.; SOUZA, A. D. V. **Produtos e co-produtos. Tecnologia e produção: crambe**. FUNDAÇÃO MS, v. 1, p. 48-51, 2010.

FUNDAÇÃO M. S. **Crambe** (*Crambe abyssinica*) – cultivar **FMS Brilhante: uma boa alternativa para produção de biodiesel**. Boletim informativo, 2008. P.

FUNDAÇÃO M. S. **Crambe**. 2013. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/produto/crambe>>. Acesso em dezembro 2019.

IENICA. 2002. **Crops database**. <<http://www.ienica.net/cropsdatabase.htm>>. Acesso em dezembro 2019.

JANEGITZ, M. C.; MATOSO, A. O.; DOURADO, W. S. Germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*) em função do potencial osmótico. **Revista Cultivando o Saber**, v.4, n.2, p.143-153, 2011.

MACHADO, M. F.; BRASIL, A. N.; OLIVEIRA, L. S.; NUNES, D. L. Estudo do crambe (*Crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel. ENERBIO, Grupo de Pesquisa em Energias Renováveis, UIT, Itaúna / MG. 2007. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso_2007/agricultura/39.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

MASETTO, T. E.; GORDIN, C. R. B.; QUADROS, J. B.; REZENDE, R. K. S.; SCALON, S. P. Q. Armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica* Hochst em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, v.60, n.5., p. 646-652, 2013.

McDONALD, M. D. Seed deterioration, physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 3, p. 531-539, 1999.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H.B.N. Manual de identificação de plantas infestantes: **Cultivo de Verão**. 1 ed., 2010. 642 p.

NEVES, M. B. das; TRZECIAK, M. B.; VINHOLES, P. da S.; TILLMANN, C. A. da C.; VILLELA, F. A. **Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidas em Mato Grosso do Sul**. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/Agroenergia_2007/Agroener/trabalhos/Outras%20culturas_11_OK/Neves_1.pdf>. Acesso em nov. 2020.

OLIVEIRA, M. B.; DAVID, A. M. S. S.; AMARO, H. T. R.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; ASPIAZÚ, I.; CARVALHO, A. J. C. Épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de crambe. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1785-1792. 2014.

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe: alternative field crops manual**. St. Paul: University of Wisconsin and University of Minnesota, 2000. Disponível em: <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/index.html>. Acesso em nov. 2020.

PITOL, C. Cultura do crambe. In: PITOL, C. **Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno** 2008. Fundação MS, p. 85-88, 2008. Disponível em: <www.fundacaoms.org.br>. Acesso em outubro 2019.

PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe**. Maracajú: Fundação MS, 1º ed., 2010. 60 p.

RAMOS, A. R.; BASSEGIO, D.; NAKAGAWA, J.; ZANOTTO, M. D. Épocas de Colheita e germinação de sementes de três genótipos cártamo. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, e20200606, 2021.

RUAS, R.A.A.; NASCIMENTO, G.B.; BERGAMO, E.P.; DAUR JR, R.H.; ARRUDA, R.G. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.1, p.61- 65, 2010

SBRUSSI, C. A. G; ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; SILVA, B. V. A. B. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014.

TEIXEIRA, R. N.; TOLEDO, M. Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; JASPER, S.M. Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse hídrico. **Irriga**. v. 16 n. 1 p. 42-51, 2011.

CAPÍTULO 1

Efeito da época de colheita e da coloração na qualidade de sementes de crambe durante o armazenamento

RESUMO

O crambe (*Crambe abyssinica*) é uma oleaginosa utilizada, principalmente, como matéria-prima para produção de biodiesel, devido ao elevado teor de óleo de suas sementes. Embora na última década tenham surgido estudos relacionados à produção e qualidade de sementes da espécie, os mesmos são ainda pouco conclusivos. Objetivou-se avaliar a qualidade física e fisiológica das sementes de crambe provenientes de diferentes épocas de colheita, separadas de acordo com a coloração, e submetidas ao armazenamento. Para tal, a cultivar FMS Brilhante foi semeada no campo experimental da UFV e colhida manualmente, quando o campo de sementes apresentou 60, 80 e 100% dos frutos marrons. As sementes foram extraídas e separadas de acordo com a coloração em verdes e marrons, estabelecendo-se assim sete tratamentos: **60/SV** – sementes verdes colhidas em 60%; **60/SM** - sementes marrons colhidas em 60%; **60/SVM** - sementes verdes e marrons colhidas em 60%; **80/SV** - sementes verdes colhidas em 80%; **80/SM** - sementes marrons colhidas em 80%; **80/SVM** - sementes verdes e marrons colhidas em 80%; e **100/SVM** - sementes verdes e marrons colhidas em 100%. As sementes foram colocadas em embalagens de papel kraft e armazenadas em sala climatizada com temperatura aproximada de 20 °C e UR do ar de 55% durante um ano. A cada 3 meses foram submetidas aos seguintes testes: germinação, primeira contagem, emergência de plântulas, condutividade elétrica, além da análise de raios X para avaliação da morfologia. O experimento foi realizado em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos de época de colheita/ coloração dos frutos e nas subparcelas os tempos de armazenamento. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias relacionadas à época de colheita/ coloração das sementes foram analisadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e os efeitos dos tempos de armazenamento, por análise de regressão. As sementes marrons apresentaram maior germinação e vigor que as sementes verdes. As sementes verdes colhidas em 60% apresentaram maior liberação de lixiviados, indicando uma maior deterioração. Sementes verdes colhidas em 60% e 80% apresentaram maior área. Sementes marrons colhidas em 80%

e 100% dos frutos maduros mantem a qualidade fisiológica por mais tempo e sementes verdes apresentam inicialmente menor qualidade e a perdem mais rapidamente.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*. Estádios de maturação. Germinação. Vigor. Raios-x.

CHAPTER 1

Effect of harvesting time and coloring on the quality of crambe seeds during storage

ABSTRACT

Although studies related to the production and quality of the crambe seeds (*Crambe abyssinica*) have appeared in the last decade, they are still not very representative and conclusive. This paper objective was to evaluate physical and physiological quality of crambe seeds from different harvest times, separated according to color and submitted to storage. To achieve that goal, the cultivar FMS Brillhante was sown in UFV experimental field and harvested manually, when the seed field showed 60, 80 and 100% of the brown fruits. After harvesting, the seeds were extracted and separated according to their green and brown coloring, thus establishing seven treatments: T1 - green seeds harvested in 60% (60/SV); T2 - brown seeds harvested in 60% (60/SM); T3 - green and brown seeds harvested at 60% (60/SVM); T4 - green seeds harvested in 80% (80/SV); T5 - brown seeds harvested in 80% (80/SM); T6 - green and brown seeds harvested in 80% (80/SVM); and T7 - green and brown seeds harvested in 100% (100/SVM). The seeds were placed in kraft paper packaging and stored in an air-conditioned room with an approximate temperature of 20 ° C and an RH of 55%. Every 3 months, they were submitted to the following tests: germination, first count, seedling emergence, electrical conductivity, in addition to X-ray analysis to evaluate morphology. The experiment was carried out in subdivided plots, with the plots having the harvesting / coloring season treatments in the plots and the storage periods in the subplots. It was applied a randomized blocks design with four replications. The data were submitted to analysis of variance, the averages related to the time of harvest / color of the seeds were analyzed by the Tukey test ($p \leq 0.05$) and the effects of the periods of storage, by regression analysis. The brown seeds showed greater germination and vigor than the green seeds. The green seeds harvested in 60% showed a greater release of leachate, indicating a greater deterioration. Green seeds harvested in 60% and 80% had a larger area. Brown seeds harvested at 80% and 100% maintain physiological quality for longer and green seeds lose it more quickly.

Keywords: *Crambe abyssinica*. Maturation stages. Germination. Vigor. X ray.

INTRODUÇÃO

O *Crambe abyssinica* é uma espécie de brássica, cultivada no Brasil, principalmente, para a produção de biodiesel. A cultura apresenta hábito herbáceo, possui sistema radicular pivotante e inflorescência do tipo racemo. Seus frutos são síliquas com sementes produzidas em grande quantidade e com elevados teores de óleo (FALASCA et al., 2010; COLODETTI et al., 2012).

Apresenta ciclo curto, já que floresce com aproximadamente 35 dias após emergência das plântulas. Além disso, devido à sua precocidade, pode ser colhido após 90 dias da semeadura (FUNDAÇÃO MS, 2013).

A maturação da espécie é indicada pelas folhas da planta que se tornam amarelas, os galhos e ramos secam e os frutos passam de verde para cor de palha. Geralmente, a colheita é realizada entre 90 e 100 dias após a semeadura, quando as sementes de ramos inferiores mudam de cor (FUNDAÇÃO MS, 2013).

No entanto, o crambe apresenta florescimento indeterminado, o que confere, por consequência, a produção de sementes por um período prolongado (OLIVA et al., 2012). Espécies com este tipo de florescimento apresentam a maturação das flores e das sementes contínua, ou seja, em uma mesma planta podem ser encontradas flores e sementes em diferentes estádios de maturação.

Esses estádios de maturação são geralmente caracterizados pela coloração externa do fruto ou pericarpo, no caso do crambe. Estádios precoces são, na maioria das vezes, verdes e os mais avançados apresentam tons que variam por espécie, e vão de amarelo até preto. Ademais, a coloração do fruto no momento da colheita afeta a cor e o potencial fisiológico das sementes. Para o repolho (*Brassica oleraceae* var. *capitata*), síliquas de colorações verde-escuro, verde-claro, arroxeadas e bege apresentam qualidade fisiológica distinta e originam sementes com coloração predominantemente verdes, castanho-claras, castanho-escuras e negras, respectivamente (FREITAS et al., 2007).

A qualidade fisiológica de sementes de crambe também é afetada pela época de colheita, sendo observada melhor qualidade de sementes colhidas após 14 - 26 dias da

floração (OLIVEIRA et al.; 2014), ou com aplicação de glifosato aos 103 dias após a semeadura (correspondendo a 90% das sementes de coloração marrom) (CANGUSSÚ et al., 2018).

Vale salientar que para a maioria das espécies, a época ideal de colheita não coincide com a época mais adequada para a semeadura, necessitando que estas sejam armazenadas. Durante o armazenamento, as sementes passam por processos degenerativos que afetam sua capacidade de germinação (McDONALD, 1999). Para o crambe não é diferente; embora as pesquisas relacionadas sobre o assunto ainda sejam escassas.

Uma sugestão de armazenamento para sementes de crambe é o uso de embalagem impermeável durante 180 dias de armazenamento, em condição de 15 ± 2 °C e 45% de UR e teor de água das sementes por volta de 7% (MASSETO et al., 2013). Ou ainda, recomenda-se embalagem PET e ambiente natural para manter a qualidade fisiológica por até seis meses de armazenamento (BESSA et al.; 2015) ou ambiente natural, em embalagem laminada, para manter o teor de óleo por três meses (DONADON et al., 2015).

Amaro et al. (2020) avaliaram a qualidade fisiológica das sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, após secagem em diferentes temperaturas e armazenamento. Observaram que as sementes apresentaram dormência pós-colheita que é superada durante o armazenamento. Além disso, notaram que a secagem artificial a 30 e 45 °C não afetou o desempenho fisiológico e o desempenho fisiológico decresceu após oito meses de armazenamento.

Amaro e et al. (2021) analisaram o efeito dos estádios de maturação dos frutos e das temperaturas de secagem sobre o teor de óleo e o potencial fisiológico das sementes de crambe, e observaram que as mesmas atingem o teor máximo de óleo com colheitas feitas a partir de 70% do total de frutos de cor marrom e que as temperaturas de secagem não afetam o teor de óleo das sementes. Dessa forma, indicam que a colheita seja realizada quando as plantas tiverem entre 75 e 85% de frutos marrons e a secagem artificial a 30 e 45 °C.

Diante do exposto, nota-se que os atributos da semente e a realização da colheita no momento ideal, são fatores de extrema importância para que a obtenção de uma alta produtividade. Além disso, colher na época adequada é importante porque as sementes colhidas precocemente podem apresentar-se imaturas, com menor potencial fisiológico, com

menor tamanho e mal formadas; e o atraso na colheita implica em deterioração no campo ou degrana.

Com isso, objetivou-se avaliar a qualidade física e fisiológica das sementes de crambe provenientes de diferentes épocas de colheita, separadas de acordo com a coloração, e submetidas ao armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Crambe abyssinica*, cultivar FMS Brilhante, foram produzidas no Campo Experimental “Professor Diogo Alves de Mello”, no Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais (20°45’14” latitude sul e 42°52’53” longitude oeste, a 650 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, mesotérmico úmido com verões chuvosos e invernos secos.

A semeadura foi realizada manualmente, em uma área de 1.000 m², utilizando-se espaçamento de 0,50 m entre linhas, semeando-se 20 sementes por metro, a uma profundidade de 3 cm. As adubações de plantio e cobertura foram baseadas nas características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, e realizadas de acordo com as recomendações para a cultura (PITOL, 2008).

Foram realizadas colheitas manuais quando o campo de produção de sementes apresentou 60, 80 e 100% de frutos marrons. Após as colheitas, as plantas foram levadas ao Laboratório de Pesquisa de Sementes da UFV, para retirada das síliquas que foram extraídas manualmente e separadas, de acordo com a coloração do pericarpo, em verdes e marrons, e beneficiadas para a retirada de impurezas.

É importante destacar que para o crambe, a unidade de propagação são frutos-semente, e semelhante ao que acontece com o milho, serão chamados de sementes, apenas, para melhor entendimento.

Com isso, estabeleceram-se sete tratamentos, caracterizados na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação dos tratamentos experimentais, de acordo com a época de colheita e a coloração das sementes

Identificação dos tratamentos	Época de colheita de acordo com o estágio de maturação do campo	Separação após a colheita, pela coloração das sementes
60/SV	Colheita do campo com 60% de sementes marrons.	Sementes verdes
60/SM	Colheita do campo com 60% de frutos marrons.	Sementes marrons
60/SVM	Colheita do campo com 60% de frutos marrons.	Sementes verdes e marrons (sem separação)
80/SV	Colheita do campo com 80% de frutos marrons.	Sementes verdes
80/SM	Colheita do campo com 80% de frutos marrons.	Sementes marrons
80/SVM	Colheita do campo com 80% de frutos marrons.	Sementes verdes e marrons (sem separação)
100/SM	Colheita do campo com 100% de frutos marrons.	Sementes marrons

Em seguida, foi determinado o teor de água das sementes pelo método de estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem. As sementes foram submetidas à secagem artificial em estufa de circulação de ar forçada, à temperatura de 30 °C, proposto por Amaro et al. (2020). A perda de água pelas sementes foi monitorada por pesagens periódicas, até atingirem o grau de umidade aproximadamente 10%, utilizando-se a equação proposta por Cromarty et al. (1985):

$$M_i (100 - U_i) = M_f (100 - U_f);$$

Onde: M_i = massa inicial das sementes (g); U_i = umidade inicial das sementes (%); M_f = massa final das sementes após a secagem (g); e U_f = umidade final das sementes após a secagem (%).

Após a secagem, as sementes foram colocadas em embalagens de papel kraft e armazenadas em sala climatizada com temperatura aproximada de 20 °C e UR do ar de 55%. Foram avaliadas as qualidades física e fisiológica das sementes, imediatamente após a secagem e a cada 3 meses, durante um ano, por meio dos seguintes testes:

a) **Teor de água (TA):** conforme informado anteriormente, foi calculado após secagem seguindo método de estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas. Essa variável foi determinada imediatamente após a colheita, a secagem e a cada período de armazenamento (dados não informados).

b) **Peso de mil sementes (PMS):** foi determinado segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se oito repetições de 100 sementes, que foram pesadas em balança de precisão (0,001 g), com resultados expressos em gramas.

c) **Análise de morfologia interna:** foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes por repetição, ordenadas e distribuídas em papel adesivo, devidamente identificados com o número dos tratamentos e a posição de cada semente. Posteriormente, as sementes foram levadas para o teste de raios X onde foram geradas as imagens radiográficas digitais pelo aparelho Faxiton, modelo MX-20 (Faxitron X-ray Corp. Wheeling, IL, U.S.A.), ajustado para 10 segundos de radiação, com uma tensão de 32 kV, distância focal de 41,6 cm, e contraste da imagem de 13915 (width) x 5374 (center).

As radiografias digitais foram analisadas pelo software ImageJ®, utilizando a macro IJCrop Seed (MEDEIROS et al., 2020) que gerou as variáveis área do fruto - AF (semente + pericarpo) e área da semente - AS (semente sem pericarpo).

d) **Teste de germinação (G):** realizado após a análise de raios X, utilizando as mesmas sementes e a mesma disposição na qual elas estavam no momento da obtenção das imagens.

Foi conduzido em caixas plásticas tipo gerbox, utilizando-se duas subamostras de 50 sementes por repetição. As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel germitest, previamente umedecidas com solução de KNO_3 , em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As caixas contendo as sementes foram colocadas em germinador, regulado à temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas no sétimo dia após a semeadura, contabilizando-se o número de plântulas normais, e os resultados expressos em porcentagem, segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

e) **Primeira contagem de germinação (PC):** conduzida em conjunto com o teste de germinação. Consistiu na contagem do número de plântulas normais no quarto dia após a semeadura (BRASIL, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

f) **Emergência de plântulas (EP):** foi conduzida em sala climatizada com temperatura controlada a 25 °C, utilizando-se como substrato areia lavada e autoclavada. As sementes foram semeadas a 1 cm de profundidade, em caixas do tipo gerbox, e o substrato umedecido com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção (BRASIL, 2009). O número de plântulas que emergiram foi computado no sétimo dia após a semeadura, com resultados expressos em porcentagem de emergência de plântulas.

g) **Teste de condutividade elétrica:** conduzido com duas subamostras de 0,300 gramas de sementes por repetição, que foram pesadas em balança de precisão. As sementes foram colocadas em copos de plástico descartáveis, com capacidade para 200 mL, contendo 75 mL de água destilada. Os copos foram levados para câmara B.O.D., regulada à temperatura de 25 °C, e as leituras realizadas após 24 horas de embebição, utilizando-se condutivímetro (DIGIMED DM 31), sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (VIEIRA E KRZYZANOWSKI, 1999).

h) **Delineamento experimental e procedimentos estatísticos:** o experimento foi realizado em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos de época de colheita / coloração da semente e nas subparcelas os tempos de armazenamento. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias relacionadas à época de colheita / coloração da semente foram analisadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e os efeitos dos tempos de armazenamento, por análise de regressão, escolhendo-se os modelos adequados para representá-los com base na significância dos coeficientes do modelo e no valor do coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS

O resumo da análise de variância dos dados referentes às características avaliadas nas sementes de crambe, de acordo com a época de colheita/ coloração das sementes e armazenamento, encontra-se na Tabela 1.

TABELA 2- Resumo da análise de variância dos dados de área do fruto (AF), área da semente (AS), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), emergência de plântulas (EP) e condutividade elétrica (CE) das sementes de crambe colhidas em diferentes épocas de colheita e separados por coloração da semente (época/ cor) e submetidas ao armazenamento.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		AF	AS	G	PC	EP	CE
Época de colheita/ cor da semente	6	1,5161**	0,1327**	1015,93 **	2591,32 **	1789,54**	49059,0**
Bloco	3	0,8191 ^{NS}	0,05102 ^{NS}	101,65 ^{NS}	0,39 ^{NS}	1,21**	17309,0**
Erro a	18	0,3022	0,3128	36,58	11,39	23,51	3244,0
Armazenamento	4	0,5931**	0,2550**	409,17 **	2285,43 **	774,60**	53376,0**
Época / cor x Armazenamento	24	0,1788*	0,0334 ^{NS}	89,25**	265,80 **	180,47**	4239,0**
Erro b	84	0,1030	0,0300	22,87	13,42	24,88	1755,0
Total	139						
CV parcela (%)		7,18	5,17	8,63	8,23	6,32	11,58
CV subparcela (%)		4,19	5,07	6,83	8,93	6,50	8,52
Médias		7,6	3,4	70,0	41,0	77,2	491,9

** e * significativos a 1 e 5%, pelo teste “F”

Houve efeito significativo das épocas de colheita/ coloração da semente e do armazenamento para todas as características avaliadas. A interação dos dois fatores (Época de colheita/ cor da semente X Armazenamento), não foi significativa apenas para a variável área de sementes.

a) Alterações físicas

O peso de mil sementes (g) e do teor de água (%) das sementes de crambe estão descritos na Figura 1.

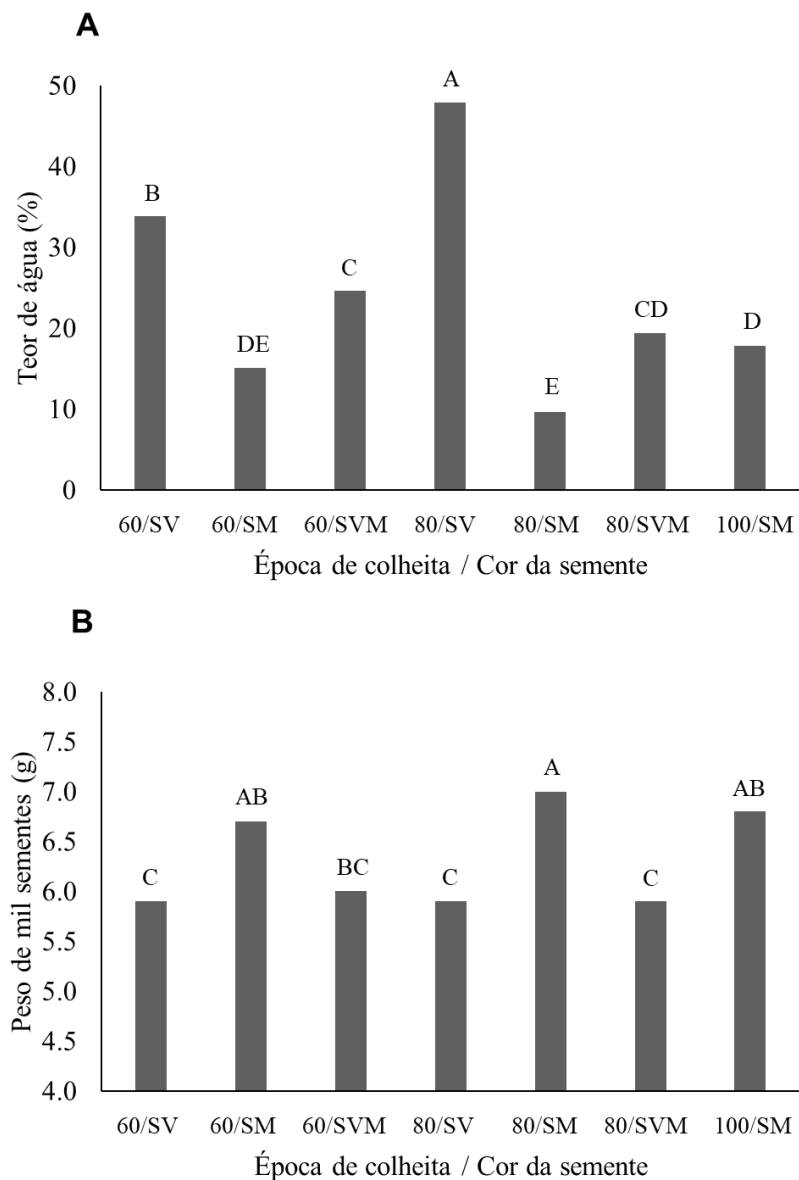


FIGURA 1 - Teor de água (%) e peso de mil sementes (g) de sementes de crambe colhidos em diferentes épocas e separados pela cor da semente.

O teor de água das sementes foi maior nos tratamentos 80/SV (47,9%) e 60/SV (33,9%), os quais eram compostos apenas por sementes verdes. Em contrapartida, o menor teor de água foi observado em 80/SVM (9,6%). As sementes marrons, em todas as épocas de colheita, apresentaram grau de umidade inferior as sementes verdes (Figura 1A).

Em relação ao peso de mil sementes, os tratamentos contendo apenas sementes marrons apresentaram valores superiores aos tratamentos que continham apenas verdes (Figura 1B). O PMS das sementes marrons foi de 7g para o 80/SM; 6,8g para o 100/SM e

6,7g para o 60/SM. Para sementes verdes, os valores encontrados foram de 5,9g para 60/SV e 80/SV.

b) Análise da morfologia interna

b1. Área do fruto (AF)

Em relação à área dos frutos de crambe, houve interação entre os fatores estudados (Tabela 1). O estudo das épocas de colheita/ cor das sementes dentro de cada tempo de armazenamento demonstrou que os frutos dos tratamentos 60/SM e 100 S/M apresentaram menor área que os demais, após a colheita. Os frutos de 60/SV, 60/SVM, 80/SV, 80/SM e 80/SVM apresentaram-se maiores (Tabela 3)

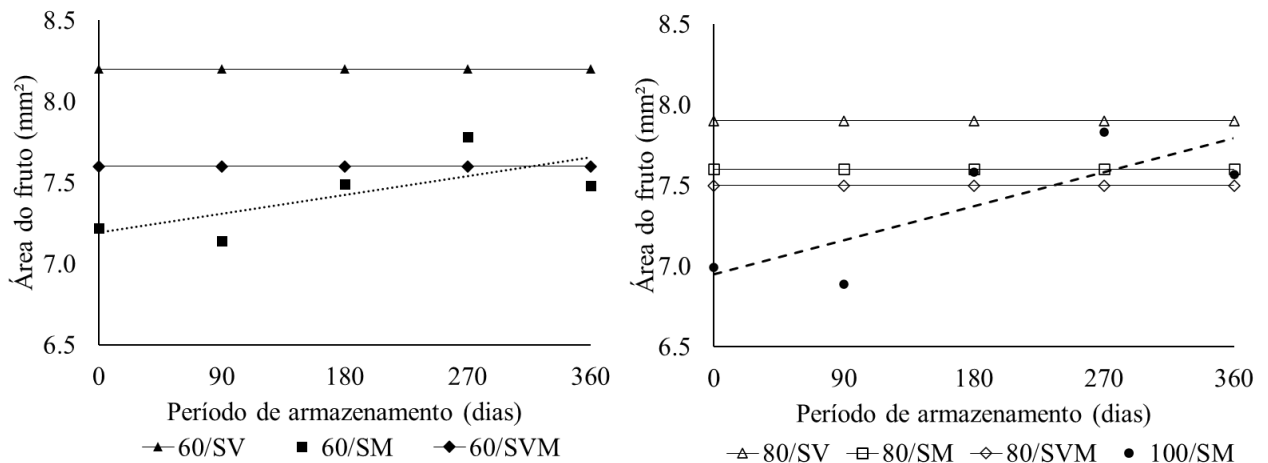
TABELA 3 - Área (mm²) de frutos de crambe colhidos em diferentes épocas e separados pela cor da semente, e durante o armazenamento.

ÉPOCA DE COLHEITA / COR DA SEMENTE	ARMAZENAMENTO (DIAS)					Médias
	0	90	180	270	360	
60/SV	8.00 a	8.03 a	8.41 a	8.20 a	8.15 a	8.16
60/SM	7.22 b	7.14 b	7.49 b	7.78 a	7.48 a	7.42
60/SVM	7.55 a	7.30 b	7.85 b	7.73 a	7.57 a	7.60
80/SV	7.97 a	7.80 a	7.83 b	7.87 a	7.88 a	7.87
80/SM	7.68 a	7.57 a	7.51 b	7.72 a	7.63 a	7.62
80/SVM	7.54 a	7.68 a	7.16 b	7.99 a	7.30 a	7.53
100/SM	6.99 b	6.89 b	7.58 b	7.83 a	7.57 a	7.37
Médias	7.56	7.49	7.69	7.87	7.65	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Com 90 dias de armazenamento, apresentaram-se menores os frutos dos tratamentos 60/SM, 60/SVM e 100/SM. Após 180 dias, apenas frutos do tratamento 60/SV apresentaram área maior em relação aos demais tratamentos. Após 270 e 360 dias de armazenamento, diferenças não foram observadas entre os frutos dos tratamentos.

Na Figura 2 são apresentadas as variações da área dos frutos de cada tratamento de época de colheita/ cor de semente ao longo do armazenamento. Observou-se que os frutos dos tratamentos 60/SV e 60/SVM e os frutos de 80/SV, 80/SM e 80/SVM apresentaram área constante ao longo do tempo. A área dos frutos dos tratamentos 60/SM e 100/SM apresentou comportamento linear, aumentando o seu tamanho com o acréscimo do tempo de armazenamento.



Épocas de colheitas + Cor das sementes	Equação de regressão	R ²
60/SV	$y = \bar{X} = 8,2$	-----
60/SM	$y = 0,0013 x + 7,19$	0,52
60/SVM	$y = \bar{X} = 7,6$	-----
80/SV	$y = \bar{X} = 7,9$	-----
80/SM	$y = \bar{X} = 7,6$	-----
80/SVM	$y = \bar{X} = 7,5$	-----
100/SM	$y = 0,0023 x + 6,952$	0,66

FIGURA 2 – Área (mm²) de frutos de cranberry colhidos em diferentes épocas e separados pela cor da semente, e durante o armazenamento.

b2. Área da semente (AS)

Na Figura 3 estão apresentados os resultados referentes à área das sementes de cranberry colhidas em diferentes épocas, separados pela cor da semente, e durante o armazenamento. Não houve interação entre os fatores, conforme apresentado na Tabela 1; portanto, eles foram estudados de maneira isolada.

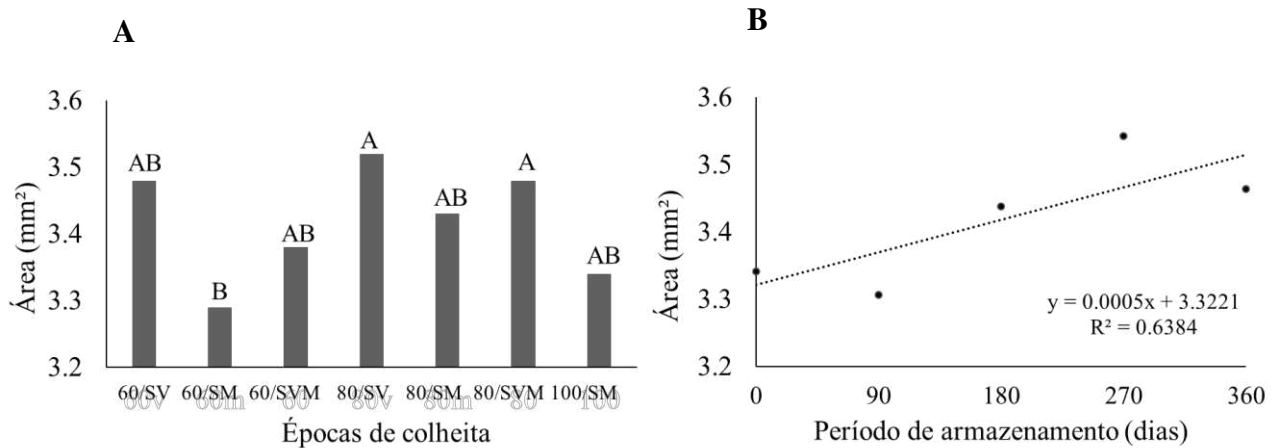


FIGURA 3 – A- Média das áreas de sementes (mm²) de crambe em todos os períodos de armazenamento, de acordo com cada época de colheita e cor da semente. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). – Média das áreas de sementes (mm²) de crambe em todas as épocas de colheita, durante o armazenamento.

Observou-se que as sementes dos tratamentos 80/SV e 80/SVM apresentaram maior tamanho, com 3,51 e 3,48 mm², respectivamente. As sementes do tratamento 60/SM apresentaram menor área, com média correspondente a 3,29 mm².

Em relação ao tamanho das sementes durante o armazenamento, observou-se aumento. O padrão linear foi o que melhor ajustou-se às médias, com área de sementes de 3,32 mm² no tempo inicial; de 3,36 mm² aos 90 dias; de 3,41 mm² aos 180 dias; de 3,46 mm² aos 270 e, por fim, média de 3,50 mm² no último tempo, aos 360 dias.

De modo geral, observou-se que os frutos verdes possuíam maior área (mm²) e sementes maiores que os frutos marrons. Os tratamentos que continham os frutos que não foram separados por coloração previamente, apresentaram valores intermediários de área de frutos e semente. Observou-se ainda que para a maioria dos tratamentos a área dos frutos permaneceu constante durante todo o armazenamento, porém as sementes apresentaram incremento de tamanho.

c) Germinação (%)

Houve interação entre os fatores estudados (Tabela 1). O estudo do fator ‘época de colheita/ cor da semente’ dentro do fator ‘tempo de armazenamento’ demonstrou que no início do armazenamento (0 dias) todos os tratamentos que continham apenas sementes marrons, provenientes de todas as colheitas, apresentaram maior germinação, com valores equivalentes a 75% para 60/SM, 82% para 80/SM e 83% para o tratamento 100/SM. Além desses, o tratamento 80/SVM apresentou-se igual aos citados anteriormente, com germinação de 74% (Tabela 4). Ainda na primeira análise, observou-se que as sementes provenientes dos tratamentos 60/SV, 60/SVM e 80/SV apresentaram menores resultados, com valores correspondentes a 57%, 58% e 62%.

TABELA 4 – Germinação (%) de sementes de crambe colhidas em diferentes épocas, separadas pela cor da semente, e durante o armazenamento.

ÉPOCA DE COLHEITA / COR DA SEMENTE	ARMAZENAMENTO (DIAS)						Médias
	0	90	180	270	360		
60/SV	57 b	62 b	62 d	65 b	52 c		60
60/SM	75 a	78 a	70 cd	64 b	63 ab		70
60/SVM	62 b	75 a	81 a	74 ab	64 ab		71
80/SV	58 b	60 b	67 cd	67 b	59 bc		62
80/SM	82 a	83 a	79 ab	72 ab	73 a		78
80/SVM	74 a	80 a	68 cd	69 ab	64 ab		71
100/SM	83 a	85 a	76 abc	78 a	73 a		79
Médias	70	74	72	70	64		

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Aos 90 dias de armazenamento, a germinação foi superior para as sementes de 60/SM, 80/SM e 100/SM e nas sementes dos dois tratamentos onde não ocorreu separação por cor (60/SVM e 80/SVM). Maior germinação foi, numericamente, observada em 100/SM (85% de plântulas normais). Ainda neste período, observou-se incremento de germinação em todos os tratamentos, quando comparado com a análise anterior (0 dias).

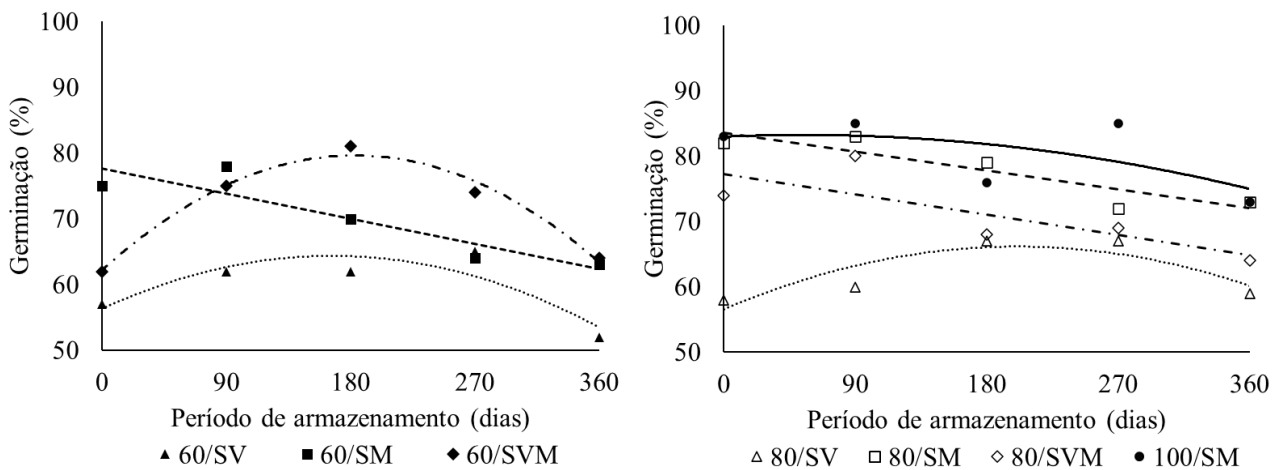
Após 180 dias de armazenamento, as sementes do tratamento 60/SVM apresentaram maior germinação entre todas, com porcentagem de 81%. O menor valor ocorreu nas sementes do tratamento 60/SV, com 62% de germinação.

Com 270 dias de armazenamento, as sementes do tratamento 100/SM apresentaram melhor germinação com 78%. Os dois tratamentos com sementes verdes (60/SV e 80/SV) e as sementes marrons colhidas em 60% (60/SM) apresentaram menores valores de germinação. Os valores obtidos por eles foram 65%, 67% e 65%, respectivamente. As sementes de 60/SVM (74% de germinação), 80/SM (72%) e 80/SVM (69%) não diferiram entre si e apresentaram germinação intermediária.

Aos 360 dias, os tratamentos 80/SM e 100/SM apresentaram sementes com maior viabilidade, ambos com 73% de germinação. As sementes verdes colhidas em 60% (60/SV) obtiveram, apenas, 52% de germinação, sendo este o menor valor entre todos.

De modo geral, observou-se que, na maioria das épocas avaliadas, os tratamentos que continham sementes marrons apresentaram germinação maior que as sementes verdes, e os tratamentos sem separação por coloração apresentaram valores intermediários, independente da época de colheita realizada.

O efeito do tempo de armazenamento em cada época de colheita/ cor da semente pode ser observado na Figura 4. O modelo quadrático proporcionou melhor ajuste para os tratamentos 60/SV, 60/SVM, 80/SV e 100/SM e o modelo linear decrescente adequou-se aos tratamentos 60/SM, 80/SM e 80/SMV.



Épocas de colheitas + Cor das sementes	Equação de regressão	R ²
60/SV	$y = -0,0003 x^2 + 0,0992 x + 56,05$	0,78
60/SM	$y = -0,0431 x + 77,8$	0,84
60/SVM	$y = -0,0005 x^2 + 0,189 x + 62,271$	0,97
80/SV	$y = -0,0002 x^2 + 0,0894 x + 56,829$	0,75
80/SM	$y = -0,0325 x + 83,5$	0,84
80/SVM	$y = -0,0342 x + 77,1$	0,65
100/SM	$y = -0,0005 x^2 + 0,0095 x + 82,971$	0,38

FIGURA 4 – Germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes épocas e separados pela cor da semente, e durante o armazenamento.

No início do armazenamento, as sementes do tratamento 60/SV apresentaram incrementos nos resultados até 165 dias, quando foi constatada a máxima germinação (64%). A partir desse ponto, houve redução até os 360 dias, observando-se 53% de germinação. Já as sementes do tratamento 60/SM apresentaram decréscimo na germinação durante o armazenamento, iniciando com 78% e apresentando 62% ao final do período. No tratamento 80/SVM, as sementes apresentaram incremento de germinação até o 189º dia, atingindo o máximo em 80%; após isso, o valor decaiu até atingir 65%.

Em relação a colheita realizada na época de 80% observou-se que as sementes do tratamento 80/SV apresentaram incremento de germinação com ponto máximo aos 223 dias, onde atingiu 67% de plântulas normais. As sementes do tratamento 80/SM apresentaram decréscimo ao longo do armazenamento, com germinação inicial de 83% e de 72% no último mês, assim como as sementes do tratamento sem separação de frutos (80/SVM) que apresentaram germinação inicial de 77% e final de 65%. Já as sementes de 100/SM

apresentaram máxima porcentagem de germinação (83%), com 10 dias de armazenamento e decréscimo a partir desse ponto até atingirem 74% de germinação.

Observou-se que os dois tratamentos com sementes de frutos verdes (60/SV e 80/SV) apresentaram incremento de germinação até metade do armazenamento, com redução após esse ponto, assim como o tratamento 60/SVM e o tratamento relativo à colheita de 100% (100/SM). Os tratamentos 60/SM, 80/SM e 80/SVM apresentaram decréscimo de germinação em relação aos valores obtidos antes do armazenamento.

De modo geral, observou-se que as sementes marrons colhidas em 80% (80/SM) e 100% (100/SM) apresentaram maior viabilidade antes e após o armazenamento, o que indica maior longevidade. Diferenças nos valores obtidos antes e após o armazenamento indicam que as condições utilizadas foram satisfatórias para a manutenção da sua viabilidade, sem perda expressiva do poder germinativo.

d) Primeira Contagem de germinação (%)

Para primeira contagem de germinação houve interação entre os fatores estudados (Tabela 1), e conforme a Tabela 5, no início do armazenamento (0 dias), houve superioridade para os tratamentos contendo apenas sementes marrons, com valores de 69% (60/SM), 57% (100/SM) e 47% (80/SM). As sementes de 80/SV apresentaram apenas 8% de germinação, na primeira contagem, a menor observada.

TABELA 5 – Primeira contagem (%) de crambe colhidas em diferentes épocas, separadas pela cor da semente, e durante o armazenamento.

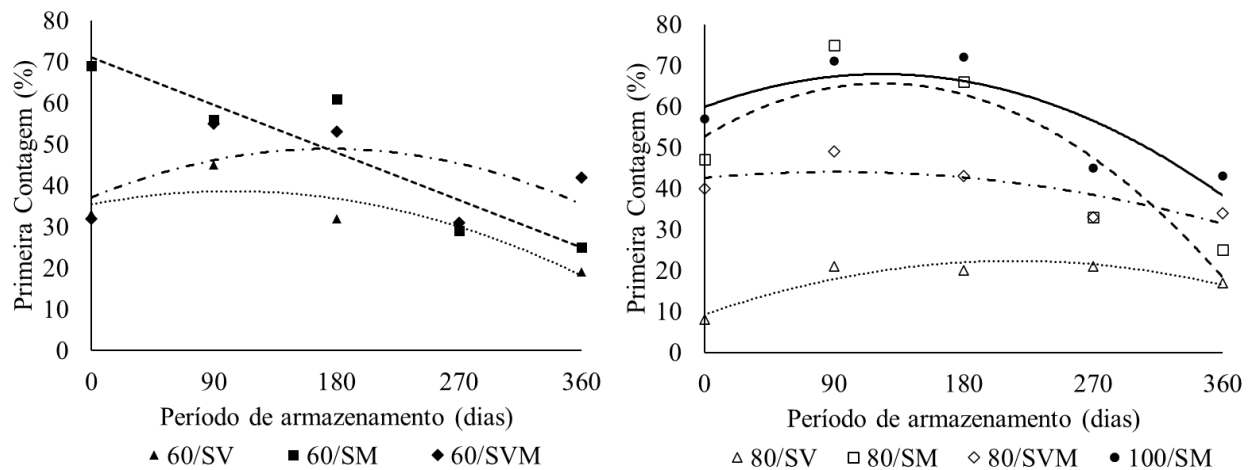
ÉPOCA DE COLHEITA / COR DA SEMENTE	ARMAZENAMENTO (DIAS)					Médias
	0	90	180	270	360	
60/SV	33 d	45 c	32 e	30 bc	19 d	32
60/SM	69 a	56 b	61 bc	29 bc	25 cd	48
60/SVM	32 d	55 b	53 c	31 b	42 ab	43
80/SV	8 e	21 d	20 f	21 c	17 d	18
80/SM	47 c	75 a	66 ab	33 b	25 cd	49
80/SVM	40 cd	49 b	43 d	33 b	34 bc	40
100/SM	57 b	71 a	72 a	45 a	43 a	58
Médias	41	53	50	32	29	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Assim como ocorreu com os valores de germinação, na análise realizada após 90 dias de armazenamento, ocorreu incremento na primeira contagem das sementes, ocasionada pela dormência. Nesta avaliação, os tratamentos 100/SM e 80/SM foram superiores aos demais, com valores de primeira contagem correspondentes a 72% e 75%, respectivamente.

Aos 180, 270 e 360 dias de armazenamento, o tratamento 100/SM manteve-se superior aos outros, e o tratamento 80/SV apresentou menor primeira contagem de germinação.

Em relação ao comportamento das épocas de colheita / coloração das sementes, durante armazenamento, houve efeito quadrático para todos os tratamentos na variável primeira contagem, exceto para o tratamento 60/SM que apresentou efeito linear (Figura 6).



Épocas de colheitas + Cor das sementes	Equação de regressão	R ²
60/SV	$y = - 0,0003 x^2 + 0,0598 x + 35,607$	0,81
60/SM	$y = - 0,1274 x + 71,198$	0,84
60/SVM	$y = - 0,0004 x^2 + 0,1269 x + 37,425$	0,25
80/SV	$y = - 0,0003 x^2 + 0,1222 x + 9,5303$	0,86
80/SM	$y = - 0,0008 x^2 + 0,2057 x + 52,874$	0,78
80/SVM	$y = - 0,0002 x^2 + 0,0385 x + 42,279$	0,60
100/SM	$y = - 0,0005 x^2 + 0,1327 x + 59,433$	0,72

FIGURA 5 – Primeira contagem (%) de sementes de crambe colhidas em diferentes épocas e separados pela cor da semente, e durante o armazenamento.

Constatou-se que, no início do armazenamento, as sementes do tratamento 60/SV apresentaram incremento na primeira contagem até o centésimo dia de armazenamento, quando apresentou vigor correspondente à 39%. Após esse período, houve redução dos valores, atingindo 18% no final do armazenamento. As sementes do tratamento 60/SM apresentaram máximo vigor no início do armazenamento, com 69% de plântulas normais, e decorridos os 360 dias de armazenamento, apresentaram 25%. Quando não houve separação de frutos (60/SVM), as sementes apresentaram máximo vigor aos 159 dias de armazenamento (47%).

Em relação aos tratamentos colhidos na época de 80% dos frutos marrons, observou-se que as sementes de 80/SV apresentaram vigor inicial de apenas 8% e valor máximo após 204 dias de armazenamento, quando foi observado 22%. Após esse período ocorreu decréscimo

nos valores encontrados até a obtenção de 15%, com 360 dias. Já as sementes de 80/SM apresentaram vigor máximo de 66% com 129 dias de armazenamento e de 23% no último.

As sementes do tratamento 80/SVM foram as que apresentaram vigor mais constante durante o armazenamento. Inicialmente, observou-se valor de 42%, e com 96 dias de armazenamento, obteve-se o valor máximo, que correspondeu a 44%. Aos 360 dias, observou-se decréscimo de vigor, até o valor de 30%. Por fim, as sementes do tratamento 100/SM apresentaram máximo vigor, 68% após 133 dias de armazenamento.

Comparando os resultados da primeira contagem com os de germinação observa-se superioridade da sementes marrons, principalmente, em 100/SM, que manteve o vigor por mais tempo.

e) Emergência de Plântulas (%)

Os dados referentes à porcentagem de plântulas emergidas estão na Tabela 6. Houve interação entre os fatores estudados conforme Tabela 1.

TABELA 6 – Emergência de plântulas (%) de crambe colhidas em diferentes épocas, separadas pela cor da semente, e durante o armazenamento.

ÉPOCA DE COLHEITA / COR DA SEMENTE	ARMAZENAMENTO (DIAS)					
	0	90	180	270	360	Médias
60/SV	63 b	67 b	77 b	75 c	65 cd	69
60/SM	83 a	79 b	81 b	77 bc	75 abc	79
60/SVM	62 b	71 b	83 ab	76 c	69 bcd	72
80/SV	35 c	51 c	79 b	68 c	62 d	60
80/SM	91 a	92 a	95 a	89 a	79 ab	89
80/SVM	61 b	77 b	85 ab	89 ab	81 a	78
100/SM	90 a	92 a	94 a	92 a	82 a	90
Médias	69	76	85	81	73	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Ao estudar a época de colheita/ cor da semente para cada tempo de armazenamento, observou-se que logo após a colheita (0 dia) as três épocas de colheita que continham apenas sementes marrons (60/SM, 80/SM e 100/SM) apresentaram maior porcentagem de plântulas

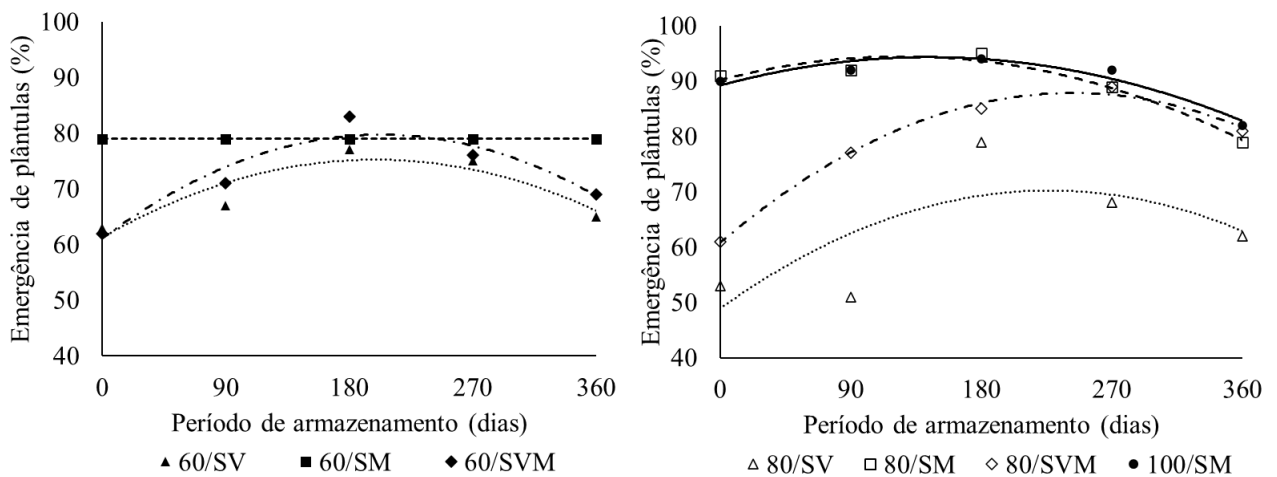
emergidas. Os valores obtidos por esses tratamentos foram 83%, 91% e 90%, respectivamente. As sementes dos demais tratamentos não apresentaram diferenças, entre eles: 60/SV com emergência de 63%, 60/SVM com emergência de 62% e 80/SVM com 61%. A exceção foram as sementes de 80/SV que apresentaram menor porcentagem de emergência entre todas, com 35%.

A mesma tendência foi observada com 90 dias de armazenamento. As sementes dos tratamentos 80/SM e 100/SM apresentaram maiores porcentagens de plântulas emergidas, (92%). As sementes de 60/SV (67%), 60/SM (79%), 60/SVM (71%) e 80/SVM (77%) não apresentaram diferenças entre si. Da mesma forma que foi observado anteriormente, as sementes de 80/SV apresentaram menor porcentagem de plântulas emergidas (51%).

Com 180 e 270 dias de armazenamento, destacaram-se, novamente, as sementes dos tratamentos 80/SM e 100/SM. Aos 180 dias as sementes dos tratamentos 60/SV (77%), 60/SM (81%) e 80/SV (79%) apresentaram menor porcentagem de emergência. Aos 270 dias as de 60/SV, 60/SVM e 80/SV apresentaram 75%, 76% e 68%, respectivamente.

No final do armazenamento, houve melhor desempenho das sementes provenientes dos tratamentos 80/SVM e 100/SM. Os valores obtidos foram 81% para o primeiro e 82% para o segundo. Novamente, as sementes provenientes do tratamento 80/SV apresentaram menor porcentagem de plântulas emergidas (62%).

Devida à interação, estudou-se também os tempos de armazenamento dentro de cada época de colheita/ cor da semente. O modelo quadrático proporcionou melhor ajuste para todos os tratamentos, exceto para o tratamento de sementes marrons colhidos em 60% (60/SM), que apresentou emergência de plântulas constante de 72% (Figura 6).



Épocas de colheitas / Cor das sementes	Equação de regressão	R ²
60/SV	$y = -0,0003 x^2 + 0,1371 x + 61,354$	0,83
60/SM	$y = \hat{X} = 79$	-
60/SVM	$y = -0,0004 x^2 + 0,1798 x + 61,183$	0,91
80/SV	$y = -0,0004 x^2 + 0,1874 x + 48,886$	0,53
80/SM	$y = -0,0003 x^2 + 0,0678 x + 90,154$	0,95
80/SVM	$y = -0,0005 x^2 + 0,2229 x + 60,771$	0,99
100/SM	$y = -0,0002 x^2 + 0,0712 x + 89,183$	0,92

FIGURA 6 – Emergência de plântulas (%) de crambe colhidos em diferentes épocas e separados pela cor da semente, e durante o armazenamento.

Para os tratamentos que os dados foram ajustados ao modelo quadrático, calculou-se os pontos de máxima emergência de plântulas. Estimou-se que para as sementes do tratamento 60/SV, a máxima emergência ocorreu após 221 dias de armazenamento, com 76% de plântulas. Quando não houve separação de frutos (60/SVM), a máxima emergência foi de 81%, aos 224 dias.

A máxima emergência de plântulas foi estimada em 71%, com ocorrência ao 234° dia de armazenamento das sementes do tratamento 80/SV; em 93%, com ocorrência ao 113° dia de armazenamento das sementes de 80/SM; e em 91%, com ocorrência ao 273° dia de armazenamento para as sementes do tratamento 80/SVM. Para 100/SM, estimou-se que a máxima emergência de plântulas ocorreu após 178 dias de armazenamento, com valor foi de 95%.

f) Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)

Houve interação entre os fatores estudados (Tabela 1), e conforme a Tabela 7, o desdobramento das épocas de colheita/ cor da semente dentro do armazenamento demonstrou que no início (0 dias) e após 90 dias, as sementes dos tratamentos 80/SM e 100/SM apresentaram maior vigor em relação as outras, pois apresentaram menores valores de condutividade elétrica ($417,1$ e $391,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente, aos 0 dias; e $433,1$ e $403,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, aos 90 dias). No início do armazenamento, o maior valor de condutividade ($517 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), foi observado em 60/SV. Os tratamentos 60/SV, 60/SVM e 80/SV foram os que apresentaram maiores valores de condutividade no segundo período de armazenamento ($554,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, $551,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ e $537,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente).

TABELA 7 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de crambe colhidas em diferentes épocas e separadas pela cor das sementes, e durante o armazenamento.

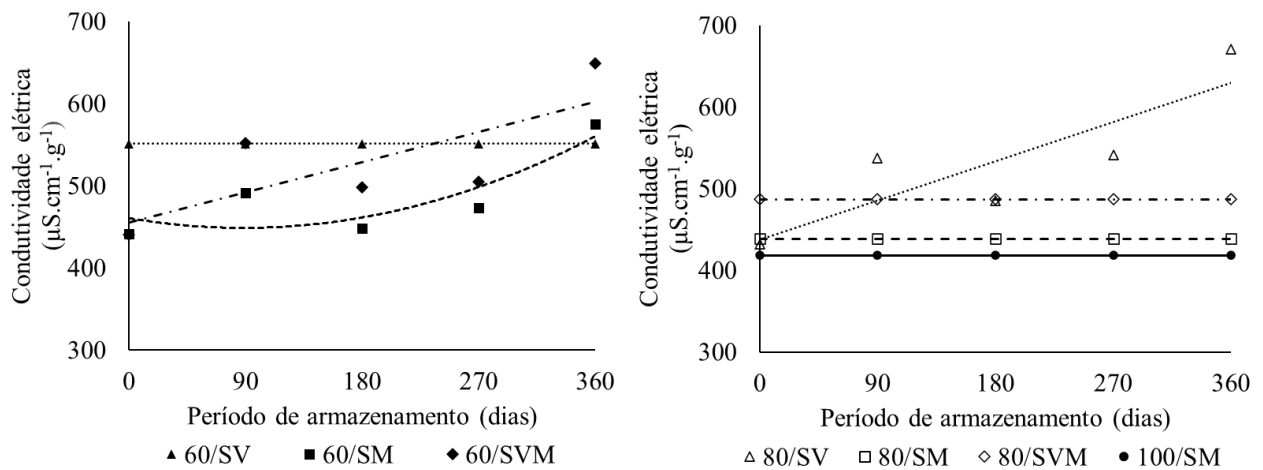
ÉPOCA DE COLHEITA / COR DA SEMENTE	ARMAZENAMENTO (DIAS)					Médias
	0	90	180	270	360	
60/SV	517,0 b	554,9 b	544,4 b	556,4 c	583,7 bc	551
60/SM	441,3 ab	491,7 ab	448,2 ab	473,1 abc	575,1 bcd	486
60/SVM	440,9 ab	551,8 b	498,1 b	504,9 abc	648,8 cd	529
80/SV	432,3 ab	537,8 b	485,3 ab	541,1 c	670,7 d	533
80/SM	417,1 a	433,1 a	457,5 ab	413,7 a	472,2 a	439
80/SVM	443,9 ab	484,7 ab	474,3 ab	512,0 bc	520,1 ab	487
100/SM	391,8 a	403,3 a	396,0 A	442,2 abc	457,2 a	418
Médias	440.6	493.9	472.0	491.9	561.1	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Aos 180 dias, observou-se que as sementes mais vigorosas, pelo teste de condutividade elétrica, foram as do tratamento 100/SM, com $396 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Já, as menos vigorosas foram as de 60/SV ($544,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e 60/SVM ($498 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$).

Após 270 dias de armazenamento, as sementes provenientes do tratamento 80/SM apresentaram maior vigor ($413,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). No entanto, as sementes dos tratamentos 60/SV e 80/SV foram as menos vigorosa, apresentando valores de $556,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ e $541,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente.

Seguindo a tendência das avaliações anteriores, após 360 dias de armazenamento, as sementes de 80/SM e 100/SM apresentaram menores valores de condutividade elétrica ($472,2$ e $457,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). As sementes de 80/SV foram as que apresentaram maior condutividade, $670,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.



Épocas de colheitas / Cor das sementes	Equação de regressão	R ²
60/SV	$y = \bar{X} = 551,32$	-
60/SM	$y = 0,0015 x^2 - 0,2674 x + 460,59$	0,72
60/SVM	$y = 0,41 x + 455,12$	0,56
80/SV	$y = 0,5336 x + 437,4$	0,73
80/SM	$y = \bar{X} = 418,15$	-
80/SVM	$y = \bar{X} = 478,02$	-
100/SM	$y = \bar{X} = 438,75$	-

FIGURA 7 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de crambe colhidos em diferentes épocas e separados pela cor da semente, e durante o armazenamento.

O estudo do armazenamento dentro de cada época de colheita/ cor da semente demonstrou que apenas os dados de três tratamentos puderam ser ajustados a curvas de regressão. As médias de 60/SVM e 80/SV ajustaram-se ao modelo linear e as de 60/SM ajustaram-se ao modelo quadrático. Neste último, estimou, por meio do ponto mínimo, que com 89 dias de armazenamento as sementes apresentavam $448,7\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de condutividade elétrica.

Desse modo, ao longo desse trabalho, verificou-se que as sementes marrons colhidas em 80% e 100% apresentaram maior germinação e vigor, esse último comprovado, principalmente, com os testes de emergência de plântulas e condutividade elétrica. Ademais, independente da colheita, as sementes verdes apresentaram-se menos vigorosas que as sementes marrons.

DISCUSSÃO

a) Qualidade física

Inicialmente o teor de água na semente é alto. Nesta fase, a água age como transportadora de nutrientes, e é gradativamente substituída dentro da semente conforme a matéria seca é acumulada. Quando o acúmulo da matéria seca atinge o máximo, a planta aciona mecanismos de desidratação, iniciando o processo de dessecação ainda em campo.

O teor de água das sementes é importante para a compreensão do seu processo de maturação e exerce influência acentuada e direta na qualidade e longevidade, pois estimula a atividade metabólica do embrião. Por isso, é importante que a colheita seja realizada, o mais breve possível, a partir da maturidade fisiológica (MARCOS FILHO, 2015). Nesta pesquisa, o teor de água no estágio de maturação inicial das sementes (verdes) encontrou-se elevado (80/SV - 47,9% e 60/SV - 33,9%), e à medida que a maturidade avançou (sementes marrons), observou-se a redução drástica (60/SM – 15% e 80/SM – 9,6%).

Oliveira et al. (2014), ao colherem sementes de crambe – cultivar FMS Brilhante – com 14 dias após a floração e depois a cada 6 dias, observaram que não houve efeito das épocas de colheita no teor de água, obtendo-se o valor média de 9,5%. Amaro et al. (2021)

observaram um decréscimo linear no teor de água das sementes de crambe em diferentes estádios de maturação, com o valor iniciando em 60,1%, na colheita realizada quando o campo de produção apresentou 20% dos frutos marrons, e 15,8% de teor de água, quando apresentou 100% dos frutos marrons. Cabe destacar que a secagem após a maturidade fisiológica é importante para diminuir a taxa respiratória e evitar o consumo das reservas da semente (MARCOS FILHO, 2015).

O peso de mil sementes está diretamente associado à maturidade e vigor das sementes. Na fase inicial do desenvolvimento da semente, o acúmulo de matéria seca é baixo, sendo progressivamente aumentado conforme avanço da fase. Amaro (2017) verificou que na colheita realizada com 20% dos frutos marrons do campo de sementes o PMS correspondia a 6,7 g, e quando 73% dos frutos estavam marrons obteve-se o valor máximo (7,4 g). É importante ressaltar que o peso de sementes é uma característica utilizada na comparação da qualidade de lotes, principalmente, para determinação do rendimento de cultivos (CARVALHO E NAKAGAWA, 2012).

A análise de imagens por meio de radiografias digitais apresenta-se como um método simples e de fácil reprodução. Por não ser destrutivo e não causar danos às sementes, pode ser associada diretamente com a qualidade fisiológica (ABUD et al., 2018). Nos últimos anos cresceram as pesquisas com uso de métodos baseados em imagens radiográficas, demonstrando a eficiência da técnica na avaliação da qualidade de sementes. Algumas espécies estudadas são: brócolis - *Brassica oleracea* (ABUD et al., 2018); abóbora - *Cucurbita moschata* (ANTONIO et al., 2016); jiló - *Solanum gilo* (PRADO-ALVES et al., 2018); feijão mungu verde - *Vigna radiata* (MACHADO et al., 2020); pimenta Habanero - *Capsicum chinenses* (MEDEIROS et al., 2020a) e melão - *Cucumis melo* (MEDEIROS et al., 2020b).

Nesta pesquisa utilizou-se uma ferramenta para análise de raios-x, desenvolvida por Medeiros et al. (2020c) que consiste em um método de análise de imagens automatizado e eficiente, capaz de prever a qualidade de vários cultivos agrícolas. O IJCropSeed consiste em um software de acesso livre e eficiente em antever a capacidade de germinação de sementes e o vigor de plântulas de *C. abyssinica*.

Medeiros et al. (2020a) investigaram a relação entre a morfologia interna, por meio de radiografias, e a qualidade fisiológica de sementes de pimenta habanero (*Capsicum chinenses*

Jacq.) de três diferentes estádios de maturação e ao longo do tempo. Observaram que o armazenamento pós-colheita aumentou a densidade relativa dos tecidos das sementes, bem como o enchimento e a germinação das sementes em todos os estádios de maturação. Além disso, correlações positivas e significativas foram encontradas entre as características de área do tecido e germinação das sementes.

Abud et al. (2018) relacionaram a morfologia interna de sementes de brócolis com seu potencial fisiológico por meio de análises de raios X e imagens computadorizadas de plântulas e obtiveram variáveis como de área, densidade e circularidade. Os autores afirmam que o teste de raios X é eficiente em avaliar a morfologia interna de sementes de brócolis (*B. oleraceae* L. var. *italic*) e para associá-la ao comprimento de plântulas e, com isso, classificar lotes em diferentes níveis de vigor. Medeiros et al. (2020b) indicam, também, o uso dessa técnica na obtenção de dados morfométricos e de integridade tecidual em sementes de melão (*Cucumis melo*) que apresentam estreita relação com atributos fisiológicos.

Ainda em sementes de melão, Cassiano et al. (2021) avaliaram a qualidade fisiológica da cultivar Anton, em diferentes estádios de maturação de frutos (30, 45, 60, 75 e 90 DAA) armazenados e não armazenados, por meio da análise de imagens. Frutos de 60 DAA armazenados demonstraram ter melhor qualidade, com 87% de germinação, e apresentaram 96% de sementes cheias, o que corrobora com Medeiros et al. (2020b).

b) Qualidade fisiológica

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes é um importante fator no desenvolvimento das plantas. Sementes de alta qualidade desenvolvem plântulas mais vigorosas que se adaptam melhor às diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e uniformidade de estande (FRANÇA-NETO, 2010).

Por ser semelhante a canola adota-se como padrão mínimo nacional para a comercialização de sementes de crambe, o valor de 60% de germinação. Em toda a pesquisa, apenas as sementes dos tratamentos 60/SV e 80/SV apresentaram valores germinativos abaixo

desse valor: 57% em 0 dias para 60/SV; 58% em 0 dias e 59% em 360 dias para 80/SV (Tabela 4).

Além disso, observou-se incremento de germinação das sementes de crambe em todos os tratamentos, quando comparado os valores iniciais do lote, esse fato pode ter ocorrido devido à dormência que é inerente às sementes desta espécie. Embora o KNO_3 tenha sido utilizado no umedecimento do substrato, conforme indicado nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), esse tratamento pode não ter sido suficiente para a superação de dormência de todas as sementes do teste. Ademais, Amaro (2017) levanta a hipótese de que as baixas porcentagens de germinação, verificadas nos estádios iniciais da maturação, podem estar associadas ao hábito de florescimento indeterminado da cultura do crambe e à dormência pós-colheita de suas sementes.

A baixa porcentagem de germinação nos estádios iniciais da maturação observada pode estar associada à presença de sementes imaturas colhidas precocemente, visto que, nessa pesquisa, se verificou que as sementes provenientes dos frutos verdes apresentaram alto teor de água e baixo peso de mil sementes (Figura 1), indicativos de que essas ainda se encontravam imaturas. Outro fator que pode explicar essa baixa viabilidade em estádios iniciais é a dormência pós-colheita de suas sementes, que, segundo Faria et al. (2014) pode estar associada a fatores como: dureza tegumentar, excesso de ácido abscísico e ausência de giberelina e imaturidade do embrião. Amaro et al. (2015) afirmam que sementes de crambe apresentam dormência pós-colheita, que é parcialmente superada após seis meses de armazenamento.

De acordo com Marcos-Filho (2015), as sementes em estádios iniciais de maturação apresentam capacidade de germinação, contudo, não são vigorosas e não tem a competência de se estabelecerem em campo. Cruz et al. (2021) relatam que a maturidade fisiológica das sementes de *Anadenanthera colubrina* só é alcançada nos estádios em que os frutos apresentam cores castanho-escuro avermelhado e castanho-claro. Kaiser et al (2016) relatam baixa germinação em sementes de *Allophylus edulis*, obtidas de frutos verdes. Ramos et al. (2021) observaram germinação máxima de sementes de cártamo com 34 DAA (79% - genótipo 2106), 37 DAA (90% - genótipo S-325) e 38 DAA (91% - genótipo 7329), e dessas épocas em diante, a diminuição da germinabilidade.

Além disso, após a maturidade, as sementes ortodoxas, caso do crambe, podem sofrer secagem até atingirem baixos teores de água, uma vez que já adquiriram a capacidade de tolerar a dessecação, sem a ocorrência de danos ao metabolismo. A secagem em sementes imaturas é prejudicial e ocasiona danos ao embrião, pois em estádio iniciais de desenvolvimento as sementes ainda não apresentam os mecanismos de tolerância à dessecação suficientemente ativos para responder de maneira eficiente aos estresses (BEWLEY et al., 2013). Esse fato pode também explicar a baixa viabilidade das sementes provenientes de frutos verdes.

É importante lembrar que, no presente estudo, antes do armazenamento as sementes foram secas em estufa de circulação de ar a 30 °C. Segundo Amaro et al, (2020), a secagem artificial a 30 e 45 ° C de sementes crambe, cultivar FMS Brilhante, não afeta o desempenho fisiológico durante o armazenamento. Corroborando com isso, Costa et al. (2017) afirmam que o tempo de secagem dos frutos do crambe é reduzido com o aumento da temperatura, e indicam a temperatura de 45 °C para melhor conservação das sementes. E Silva et al. (2016) afirmam que o método de secagem artificial com ar quente é o ideal para reduzir o teor de água da semente de crambe por manter a qualidade fisiológica delas, embora o método natural à sombra também seja viável apesar de longo.

Em relação ao armazenamento de sementes de crambe, Amaro et. al (2015) avaliaram o uso de diferentes embalagens e indicam a impermeável para a conservação da qualidade fisiológica. Resultados semelhantes foram obtidos por Massetto et al. (2013), que indicam o uso de embalagem impermeável durante 180 dias de armazenamento, em condições de 15 ± 2 °C e 45% de UR. Bessa et al. (2015) indicam o uso de embalagem PET em ambiente natural para manter a qualidade das sementes por até seis meses, mas não recomendam o ambiente refrigerado a 10 °C. O uso de embalagem metálica é indicado por Cardoso et. al (2012).

Rosetto e Nagakawa (2000) avaliaram a qualidade fisiológica durante o armazenamento de sementes de canola (*Brassica napus*) adubadas com potássio e separadas pela coloração do tegumento, e constataram efeito favorável na germinação e no vigor das sementes, após 24 meses, além de baixa viabilidade das sementes pretas e a mortalidade das marrons após 30 meses.

A primeira contagem de germinação é um teste de vigor, realizado simultaneamente ao teste de germinação, e parte do pressuposto de que as sementes mais vigorosas germinam mais rápido. Esse teste mostrou-se eficiente para detectar redução no desempenho das sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, a partir do sexto mês de armazenamento (AMARO et al., 2015).

É importante lembrar que o padrão mínimo de germinação para comercialização da espécie é estimado em 60%. Dito isso, observou-se que ao longo da pesquisa, as sementes dos tratamentos 60/SM, 80/SM e 100/SM foram as únicas que apresentaram valores de germinação, na primeira contagem, acima de 60%. Esses valores demonstram que independente da época avaliada, as sementes marrons apresentaram maior vigor que as demais (Tabela 5).

Foi constatado por Amaro et al. (2021) que os pontos de máxima germinação e primeira contagem de sementes de crambe, ocorreram após o máximo acúmulo de matéria seca, que foi estimado quando as plantas apresentaram 67,81% de frutos marrons.

Amaro et al. (2020) verificaram o efeito da secagem na qualidade fisiológica e durante o armazenamento de sementes de crambe, cv. FMS Brilhante, e constataram que a secagem natural e com temperaturas mais amenas não afetaram a germinação na primeira contagem. Além disso, independentemente da temperatura de secagem pós-colheita, os resultados iniciais do armazenamento foram inferiores aos observados durante esse período, com aumento do vigor até oito meses de armazenamento e posterior redução.

Cardoso et al. (2012) constataram redução nos valores de primeira contagem de germinação de sementes de crambe ao longo do armazenamento por nove meses. Os autores atribuem a rápida redução nos valores às condições não controladas de temperatura e umidade relativa e ao alto teor de óleo das sementes.

O teste de emergência de plântulas consiste em uma análise de vigor que avalia a germinação das sementes sob condições diferentes da ótima prescrita pelas RAS (2009). Amaro et al. (2020) observaram com o teste de emergência de plântulas, que o uso de alta temperatura na secagem do crambe proporcionou efeitos prejudiciais na qualidade das sementes e que o armazenamento aumentou a porcentagem de plântulas emergidas até cinco meses após armazenadas.

Nesta pesquisa observou-se que a porcentagem de emergência de plântulas (Tabela 6), na maioria das avaliações, foi superior à porcentagem de plântulas normais do teste de germinação (Tabela 4). A causa provável está relacionada ao desprendimento do pericarpo, geralmente infestado com fungos, após emergência da plântula. No teste de germinação, o pericarpo fica aderido aos cotilédones ou ficam em contato direto com o sistema radicular, dando condições para que esses fungos se desenvolvam, causando o apodrecimento às plântulas.

A condutividade elétrica baseia-se no princípio de que as sementes, quando colocadas para embeber água, exsudam íons, açúcares e metabólitos devido à alteração da integridade das membranas celulares. Assim sendo, os menores valores indicam alta qualidade da semente e os maiores indicam maior saída de lixiviados da semente e, conseqüentemente, o menor vigor delas (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999).

No teste de condutividade elétrica em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) colhidas manualmente aos 70, 80, 90 e 100 dias após a emergência (DAE), Botelho et al. (2010) observaram a tendência de queda ao longo do armazenamento. Para eles, os altos valores de condutividade elétrica observados aos 70 e 80 DAE são devido à alta proporção de sementes ainda em fase de formação. Esses dados corroboram com os desta pesquisa onde as sementes de frutos verdes apresentaram maior valores de CE que as de frutos marrons.

Amaro et al. (2020) observaram que a secagem do crambe a 30 ° C resultou em uma menor condutividade elétrica em relação a secagem a 45 e 60 ° C, além disso, para eles, o tempo despendido na secagem natural foi a causa do efeito deletério ocorrido. Amaro e et al. (2015) observaram que a liberação de exudatos das sementes crambe na água aumentou conforme o armazenamento. Cruz-Silva e et al. (2016) estudaram a influência do pericarpo na qualidade fisiológica do crambe e observaram que as sementes com pericarpo resultaram em maior valor de condutividade do que as que não possuíam, possivelmente devido a composição do envoltório.

CONCLUSÕES

As sementes marrons colhidas quando 80% e 100% dos frutos do campo de sementes encontravam-se marrons apresentam maior qualidade fisiológica e a mantêm por mais tempo que as sementes verdes.

Independente da época de colheita, as sementes marrons apresentam maior qualidade que as verdes, por isso, recomendam-se a eliminação das sementes verdes para melhoria da qualidade do lote de sementes de crambe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AMARO, H. T R.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F; DIAS, L. A. S.; SILVA, F. W. S.; DAVID, A. M. S. S. Storage of *Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fr. seeds after drying at different temperatures. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 2, p. 210-219, 2020.

AMARO, H. T. R; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; CANGUSSÚ, L. V. S.; OLIVEIRA, M. B. Qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abssynica* Hoechst) durante o armazenamento, em função de embalagens. **Magistra**, v. 27, n.1, p. 138-144, 2015.

ANTÔNIO, L. DO N.; MOREIRA, H.C.R.; CATÃO, H.O. DOS S.; PIRES, R.M. DE O.; RIBEIRO, B.G.; VON, E.V. DE R.; CALDEIRA. Efficiency of x- ray test in the identification of damage and its relation with the pumpkin seeds quality. **International Journal of Current Research**, v. 8, p. 26471–26475. 2016.

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.224–230, 2015.

- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. Springer, 2013. 392 p.
- BEZERRA, P. H. S.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, M. A. P.; SPEROTTO, F. C. S.; BRANDÃO, F. J. B. Efeito do armazenamento na qualidade dos grãos e do óleo de crambe para produção de biodiesel. **Revista Energia na Agricultura**, v. 30, n.3, p.310-318, 2015.
- BOIAGO, N. P; COELHO, S. R. M.; PAZ, C. H. O.; CHRIST, D. Chemical change during storage of crambe cultivated with application of plant growth regulators. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 1, p. 87-101, 2020.
- BOTELHO, F. J. E; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; EVANGELISTA, J. R. E.; ELOI, T. A.; DANILLE PEREIRA BALIZA, D. P. Physiological performance of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds harvested in different developmental periods. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 900-907, 2010.
- CARDOSO, R. B., BINOTTI, F. F. S., CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.
- CASSIANO, C. V. C.; SILVA, P. P.; MORAIS, A. A.; NASCIMENTO, W. M. Determination of morfological changes during the maturation of melon seed with X-ray. **Agrarian Academic Journal**, v. 4, n. 2, p. 21 – 28, 2021.
- COLODETTI, T.V.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; BRINATE, S.V.B.; TOMAZ, M.A. Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 258-269, 2012.
- COSTA, L. M.; OSVALDO RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; SOUSA, K. A. Physiological quality of crambe seeds submitted to different drying conditions. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 3, p. 235-240, 2017.
- CRUZ, M. S. F. V.; MALAVASI, M. M.; RISTAU; A. C. P.; MALAVASI, U. C.; DRANSKI, J. A. L. Seed maturity of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 515-532, 2021.
- CRUZ-SILVA, C. T. A.; SIMONETTI, A. P. M. M.; NÓBREGA, L. H. P. Qualidade fisiológica de sementes de crambe com e sem pericarpo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 9, n. 4, p. 437-450, 2016.
- DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidades química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.231-237, 2015

FALASCA, S.L.; FLORES, N.; LAMAS, M.C.; CARBALLO, S.M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: an almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, p. 5808-5812, 2010.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 150-159, 2009.

FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; CUNHA, D. A.; HONORATO, J. M.; DEVILLA, I. A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe submetidas à secagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 453-460, 2014.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Série Sementes. Embrapa Soja, 2010. 12 p. (Circular Técnica, 40)

FUNDAÇÃO M. S. Crambe (*Crambe abyssinica*) – cultivar FMS Brilhante: uma boa alternativa para produção de biodiesel. **Boletim informativo**, 2008.

FUNDAÇÃO M. S. **Crambe**. 2013. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/produto/crambe>>. Acesso em dezembro 2019.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. 218 p

LIMA, J. J. P.; FREITAS, M. N.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R.; ÁVILA, M. A. B. Accelerated aging and electrical conductivity tests in crambe. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.1, p.7-14, 2015.

MACHADO, M. F.; BRASIL, A. N.; OLIVEIRA, L. S.; NUNES, D. L. Estudo do crambe (*Crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel. **ENERBIO**, Grupo de Pesquisa em Energias Renováveis, 2007.

MACHADO, T.P.M.; MEDEIROS, A.D. DE; PINHEIRO, D.T.; DA SILVA, L.J.; DIAS, D.C.F. DOS S. Non-destructive identification of physical damage in mung bean (*Vigna radiata* L.) seeds by X-ray image analysis. **Bioscience Journal**. v. 36, n. 3, p. 932 – 941, 2020

MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C.; DRANSKI, J. A. L.; FREITAS, L. C. N.; KOSMANN, C. R.; ANDRIOLI, K. K. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the fruits of *Allophylus edulis* [(A. St. – Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. Ex Niederl.]. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 92-100, 2016.

MASETTO, T. E.; GORDIN, C. R. B.; QUADROS, J. B.; REZENDE, R. K. S.; SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON, S. P. Q. Armazenamento de sementes de *Crambe*

abyssinica Hochst em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, v.60, n.5., p. 646-652, 2013.

McDONALD, M. D. Seed deterioration, physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 3, p. 531-539, 1999.

MEDEIROS, A. D.; SILVA, L. J.; SILVA, J. M.; DIAS, D., C. F. S.; PEREIRA, M. D. IJCropSeed: An open-access tool for high-throughput analysis of crop seed radiographs. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 175, n.1, e105555. 2020b.

MEDEIROS, A.D. DE; MARTINS, M. S.; SILVA, L.J. DA; PEREIRA, M. D.; ZAVALA-LEÓN, M.J.; DIAS, D.C.F. DOS S. X-ray imaging and digital processing application in non-destructive assessing of melon seed quality. **Journal of Seed Science**, v.4, e202042005, 2020.

MEDEIROS, A.D. DE; ZAVALA-LEÓN, M.J.; SILVA, L.J. DA, OLIVEIRA, A.M.S.; DIAS, D.C.F.S. Relationship between internal morphology and physiological quality of pepper seeds during fruit maturation and storage. **Agronomy Journal**, p. 1 – 11, 2020b

OLIVA, A. C. E.; BIAGGIONI, M. A. M.; CAVARIANI, C. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Revista Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 16-30, 2012.

OLIVEIRA, M. B.; DAVID, A. M. S. S.; AMARO, H. T. R.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; ASPIAZÚ, I.; CARVALHO, A. J. C. Épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de crambe. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1785-1792. 2014.

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe: alternative field crops manual**. St. Paul: University of Wisconsin and University of Minnesota, 2000.

PITOL, C. Cultura do crambe. Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno 2008. **Fundação MS**, 2008. Disponível em: <www.fundacaoms.org.br>. Acesso em outubro 2019.

PRADO-ALVES, M.V.; PINHO, É.V. DE R.VON; SANTOS, H.O. DOS; PRADO-ALVES, G.C.; CARVALHO, M.L.M. DE; BUSTAMANTE, F. DE O. Image analysis, quality and maturation of jiló (*Solanum gilo*) seeds. **Agrociencia**, v. 52, p. 267–278. 2018

RAMOS, A. R.; BASSEGIO, D.; NAKAGAWA, J.; ZANOTTO, M. D. Épocas de Colheita e germinação de sementes de três genótipos cártamo. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, e20200606, 2021.

ROSSETTO, C. A. V.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L.) Var. Oleifera metzg. em função da coloração do tegumento, durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p.31-37, 2000

SBRUSSI, C. A. G; ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; SILVA, B. V. A. B. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014.

SILVA, M. A. P; MACEDO, A. C.; BRANDÃO, F. J. B.; BIAGGIONI, M. A. M.; FERREIRA, G. Armazenamento de grãos de crambe [*Crambe hyspanica* subesp. *Abyssinica* (Hochst ex R.E.Fr) PRINA]: sistemas antioxidantes e quantificação de açúcares, lipídeos e pigmentos. **Energia na Agricultura**, v. 33, n.3, p.252-263, 2018.

SILVA, M.A.P.; LIMA, J. J. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; CAVARIANI, C.; FERREIRA, G. Seed quality of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) submitted to different drying methods. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 2, p. 358-365, 2016.

SOUZA, G. C.; SALES, J. F.; SILVA, F. G.; PEIXOTO, M. F.; BARBOSA, R. V. Storage crambe seed treated with insecticides. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 759-764, 2014.

CAPÍTULO 2

Efeito do beneficiamento e do armazenamento na qualidade física, fisiologia e sanitária de sementes de *Crambe abyssinica*

RESUMO

O uso de equipamentos durante o beneficiamento promove a homogeneização e a melhora da qualidade do lote de sementes. Para o *Crambe abyssinica* é importante estudar a influência de diferentes fluxos de beneficiamento no aprimoramento da qualidade, desde as máquinas mais básicas até as mais específicas, visto que trabalhos focados nesse tema ainda são escassos. Diante disso, objetivou-se avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de crambe, após o beneficiamento em determinados equipamentos e após um ano de armazenamento. Para isso, a cultivar FMS Brilhantes foi propagada no campo experimental da UFV. As sementes foram colhidas, secas e beneficiadas para estabelecimento de dez tratamentos que consistiram no conjunto de sementes provenientes das saídas dos seguintes equipamentos: **1-** máquina de ar e peneiras - MAP; **2-** MAP e separador espiral saída sementes arredondadas (saída 1) – MAP + EA; **3-** MAP e separador espiral saída de sementes não arredondadas (saída 2 e 3) – MAP + EN; **4-** MAP e mesa de gravidade saída alta – MAP + MGA; **5-** MAP e mesa de gravidade saída média – MAP + MGM ; **6-** MAP e mesa de gravidade saída baixa MAP + MGB; **7-** MAP e mesa de gravidade saída de descarte - MAP + MGD; **8-** MAP + deriva da mesa de gravidade – MAP + ME; **9-** MAP + EA + MGA; e **10-** MAP + EN+ MGB. Avaliaram-se, então, a qualidade física das sementes (análise de pureza, peso de mil sementes e análise da morfologia interna utilizando radiografia digital), a qualidade fisiológica (teste de germinação, primeira contagem de germinação, porcentagem de emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica) e a qualidade sanitária (incidência de fungos e porcentagem de ocorrência). As avaliações das qualidades físicas (exceção para o raios-x) foram realizadas somente após o beneficiamento. O teste de raios-x e a avaliação da qualidade fisiológica e sanitária foram realizados após o beneficiamento e após o armazenamento em sala climatizada (temperatura média de 20 °C e umidade relativa média de 55%). A análise de pureza das sementes demonstrou que apenas a passagem na Máquina de Ar e Peneiras foi suficiente para realizar a limpeza do lote. Para o peso de mil sementes, houve eficiência da mesa de gravidade que separou gradativamente as sementes de acordo com o peso específico,

com sementes de maior peso na saída alta – MGA (PMS de 0,856 g). As sementes coletadas em após os equipamentos MGA e EA possuíam maior área de embrião e maior preenchimento de fruto. Melhoras na germinação foram obtidas em relação a limpeza das sementes na máquina de ar e peneira. As sementes coletadas no separador espiral se destacaram quanto ao vigor, apresentando menores valores de condutividade. Em relação à sanidade das sementes, houve eficácia da mesa de gravidade que apresentou sementes com menor incidência de fungos. De forma geral, apresentaram melhor germinação, vigor e sanidade após passagem no separador espiral. Com isso, conclui-se que o beneficiamento das sementes de crambe favorece a qualidade física, fisiológica e sanitária do lote. Sugere-se a passagem das sementes pela máquina de ar e peneiras, seguida pelo separador espiral. O uso da mesa de gravidade elimina as sementes de menor tamanho e menor qualidade fisiológica. Sementes beneficiadas de crambe mantem a qualidade fisiológica por mais tempo.

Palavras-chave: Crambe. Máquina de ar e peneira. Separador espiral. Mesa densimétrica.

CHAPTER 2

Effect of processing and storage on physical, physiological and health quality of *Crambe abyssinica* seeds

ABSTRACT

The objective was to evaluate physical, physiological and sanitary quality of crambe seeds, after processing in certain equipment and after one year of storage. In order to achieve this goal, the cultivar FMS Brilhantes was propagated in the experimental field of UFV. The seeds were harvested, dried and processed for establishments of ten treatments, which consisted at sets of seeds taken from the outputs of the following equipment: 1- air and sieves machine - MAP; 2- MAP and spiral separator rounded seed exit (exit 1) - MAP + EA; 3- MAP and spiral separator with non-rounded seeds (exit 2 and 3) - MAP + EN; 4- MAP and high output gravity table - MAP + MGA; 5- MAP and medium exit gravity table - MAP + MGM; 6- MAP and low output gravity table MAP + MGB; 7- MAP and gravity table for disposal - MAP + MGD; 8- MAP + derives from the gravity table - MAP + ME; 9- MAP + EA + MGA; and 10- MAP + EN + MGB. Physical quality of the seeds was then evaluated (purity analysis, weight of a thousand seeds and analysis of the internal morphology using digital radiography), physiological quality (germination test, first germination count, percentage of seedling emergence, index emergency speed, accelerated aging and electrical conductivity) and sanitary quality (fungi incidence and percentage of occurrence). Assessments of physical qualities (except for x-rays) were performed only after beneficiation. The x-ray test and the assessment of physiological and sanitary quality were performed after beneficiation and after storage in an air-conditioned room (average temperature of 20 ° C and average relative humidity of 55%). The purity analysis of the seeds showed that only the passage through the Air and Sieve Machine was sufficient to clean the batch. Regarding the weight of one thousand seeds, there was an efficiency of the gravity table that gradually separated the seeds according to specific weight, resulting in seeds with greater weight in the high output – MGA (PMS of 0.856 g). The seeds collected in after the MGA and EA equipment had a larger embryo area and greater fruit filling. Germination improvements were obtained in relation to the cleaning of the seeds in the air machine and sieve. The seeds collected in the spiral separator stood out in terms of vigor, with lower conductivity values. Regarding seed health, the gravity table was effective, with a lower incidence of fungi. In general, they showed better germination, vigor and health after passing through the spiral separator. Thus, it is concluded that the processing of crambe favors the physical, physiological and sanitary quality of the seed batch. It is suggested to pass the seeds through the air machine and sieves, followed by the spiral separator. Processed Crambe seeds maintain their physiological quality for longer.

Keywords: Crambe. Air machine and sieve. Spiral separator. Densimetric table.

INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst - família Brassicaceae) é uma oleaginosa com frutos que possuem apenas uma semente, chamados de síliquas, que são esféricas, cor de palha, produzidas em grande quantidade e com uma estrutura tegumentar, denominada pericarpo (DESAI et al., 2004; PITOL et al., 2010). A unidade de propagação é o fruto, que é comumente chamado de semente, como ocorre com o milho.

A colheita pode ser realizada com a colheitadeira da soja, onde as plantas, se eretas, deverão ser cortadas de 30 a 45 cm acima do solo (OPLINGER et al., 2000). Por ser um processo que utiliza a planta toda, a colheita gera lotes de sementes com alta porcentagem de impurezas, como galhos e folhas secas, sementes imaturas e mal formadas, torrões de terra, entre outros resíduos que prejudicam diretamente a qualidade física e sanitária das sementes (NERY et al., 2009).

Logo, é imprescindível a etapa de beneficiamento, a fim de remover os materiais indesejáveis e classificar as sementes, favorecendo a semeadura e o desempenho fisiológico (MARCOS FILHO, 2005).

O beneficiamento consiste em um conjunto de operações sequenciadas, realizadas por máquinas que promovem a homogeneização e a melhoria da qualidade física, fisiológica e sanitária do lote de sementes (MELO et al., 2016). Nesse sentido, essa operação visa a obtenção de lotes com maior porcentagem de sementes puras, por meio da eliminação do material indesejável e da seleção de sementes de melhor qualidade.

O processo de beneficiamento é realizado com base nas diferenças das características físicas existentes entre as sementes e as impurezas. Os princípios básicos mais utilizados são tamanho (largura, espessura e comprimento), forma, peso e cor.

Para a realização de um beneficiamento eficiente, é necessária a passagem das sementes por diversas máquinas. De modo geral, os maquinários mais utilizados são máquina de ar e peneiras e mesa gravitacional.

A máquina de ar e peneiras é considerada um componente básico para limpeza das sementes em uma unidade de beneficiamento (UBS). Realiza separações por tamanho e peso, podendo ser utilizada para pré-limpeza, limpeza e classificação (HESSEL et al., 2012).

A mesa gravitacional ou densimétrica separa pelo peso específico. Durante a operação, faz com que as impurezas sejam separadas das sementes por estratificação, sendo possível obter uma separação gradual, desde as mais leves até as mais pesadas (MELO et al., 2016).

Outro maquinário de grande importância em uma linha de beneficiamento é o separador espiral. Tem como base de separação o formato das sementes, sendo recomendado para sementes arredondadas (NASCIMENTO et. al., 2014).

Embora o beneficiamento seja extremamente importante, constam em literatura poucos trabalhos que englobam essa etapa em culturas menos comuns, uma vez que a maioria se concentra em algumas hortaliças ou nas grandes culturas (soja, milho, café). Dessa forma, para estudos iniciais, indica-se pesquisar sementes que pertençam ao mesmo gênero ou família botânica, ou ainda que se assemelhem morfológicamente à espécie-alvo.

Por exemplo, literaturas clássicas definem a melhor forma de realizar o beneficiamento de algumas sementes de brássicas. Nesse sentido, para o repolho (*Brassica oleracea* var. capitata), Pessoa et al. (1995) indica o uso de máquina de ar e peneiras, com as peneiras circulares entre 1 - 3 mm de diâmetro, seguida pela mesa de gravidade. Já, Silva e Silva (1983) sugerem, na sequência, máquina de ar e peneiras, separador espiral e mesa de gravidade.

Gadotti et. al (2006) comprovaram a eficiência da mesa densimétrica no aprimoramento da qualidade de sementes de couve brócolis (*B. oleracea* var. italica). Para o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae, o uso de máquinas de ar e peneiras e mesa de gravidade separou lotes de sementes em frações com qualidade física e fisiológica distintas (NERY et al., 2009)

Diante do exposto, mostra-se importante o beneficiamento após a colheita, uma vez que os lotes de sementes recém colhidos apresentam inúmeras impurezas que afetam a qualidade final do lote. Portanto, para uma indicação eficiente de linhas de beneficiamento, as particularidades de cada espécie devem ser respeitadas.

Considerando as brássicas, em especial o crambe, cujas sementes apresentam diferenças no peso específico, em virtude da desuniformidade de maturação das sementes, é importante estudar a influência da utilização de diferentes fluxogramas de beneficiamento no aprimoramento da qualidade, desde as máquinas mais básicas, até as mais específicas.

Assim, objetivou-se avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de crambe após o beneficiamento em determinados equipamentos, e após um ano de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, foram produzidas no campo experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), coordenadas 20°45'28" S e 42°49'26" W, Viçosa - MG, no período de julho a outubro de 2018. De acordo com Köppen's, o clima de Viçosa é classificado como Cwa (clima tropical de altitude). O solo da área experimental é classificado como argissolo e a adubação foi realizada de acordo com a análise de solo, seguindo as recomendações para a cultura.

A etapa de produção e secagem das sementes utilizadas neste experimento foram descritas no capítulo 1. Após a secagem, sementes com teor de água de, aproximadamente, 10%, foram beneficiadas nos equipamentos, definindo os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição dos fluxogramas de beneficiamento das sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante.

TRATAMENTOS	FLUXOGRAMA DE BENEFICIAMENTO
1 – MAP	Máquina de Ar e Peneiras
2 – MAP + EA	Máquina de Ar e Peneiras + Separador Espiral Sementes Arredondadas (saída 1)
3 – MAP + EN	Máquina de Ar e Peneiras + Separador Espiral Sementes Não Arredondadas (saídas 2 e 3)
4 – MAP + MGA	Máquina de Ar e Peneiras + Mesa de Gravidade Saída Alta
5 – MAP + MGM	Máquina de Ar e Peneiras + Mesa de Gravidade Saída Média
6 – MAP + MGB	Máquina de Ar e Peneiras + Mesa de Gravidade Saída Baixa
7 – MAP + MGD	Máquina de Ar e Peneiras + Mesa de Gravidade Saída de Descarte
8 – MAP + DE	Máquina de Ar e Peneiras + Deriva da Mesa de Gravidade
9 – MAP + EA + MGA	Máquina de Ar e Peneiras + Separador Espiral Sementes Arredondadas + Mesa de Gravidade Saída Alta
10 – MAP + EN + MGB	Máquina de Ar e Peneiras + Separador Espiral Sementes Não Arredondadas + Mesa de Gravidade Saída Baixa

A máquina de ar e peneiras (MAP) utilizada possui um único ventilador e duas peneiras de crivos arredondados, e uma saída para coleta. O separador espiral consiste de duas lâminas metálicas que descem em espiral, onde as sementes arredondadas ganham velocidade ao descerem, rolam pela folha externa e caem na saída externa (1), enquanto as não arredondadas seguem pela lâmina interna e caem em outras duas saídas (2 e 3).

A mesa de gravidade consiste em uma mesa inclinada, com aberturas na base que permitem a passagem de ar. O modelo utilizado apresenta quatro saídas: a alta, que recolhe as sementes com maior peso; a média, que recolhe as de peso intermediário; a baixa que recolhe as de menor peso, e uma última saída que recolhe as sementes com menor peso entre todas (geralmente sementes mal formadas e impurezas). A mesa foi calibrada visando uma camada fina sobre a mesa e observando o fluxo e eliminação das impurezas. Cabe ressaltar que nem todo o lote é estratificado neste equipamento, e que após a alimentação uma parte das

sementes ficam sobre a mesa. Essas sementes foram recolhidas e avaliadas a fim de observar se haveriam diferenças de qualidade entre a elas e as demais. Este tratamento foi denominado de Deriva.

Após o beneficiamento, as sementes foram mantidas em embalagem de papel kraft, em sala climatizada com temperatura média de 20 °C e umidade relativa média de 55% pelo período de um ano. A avaliação da qualidade física das sementes foi realizada após a operação de beneficiamento, com exceção da análise de imagens que foi realizada após o beneficiamento e após o armazenamento, assim como a determinação da qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

- **Análise da qualidade física das sementes**

a) **Teor de água (TA):** calculado pelo método de estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas e determinado após o beneficiamento e armazenamento (resultados não informados).

b) **Análise de pureza (%):** foram utilizadas quatro amostras de 5 g por tratamento. As sementes foram separadas em três frações (sementes puras, outras sementes e material inerte), conforme prescrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009);

c) **Peso de mil sementes (PMS):** foi determinado apenas após o beneficiamento, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se oito repetições de 100 sementes, que foram pesadas em balança de precisão (0,001 g), com resultados expressos em gramas.

d) **Análise de morfologia interna:** realizada após beneficiamento e armazenamento, onde foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes (100 por tratamento), inicialmente ordenadas e distribuídas em papel adesivo, devidamente identificado com o número dos tratamentos e a posição de cada semente. Posteriormente, as sementes foram levadas para a máquina de raios X, onde foram geradas as imagens radiográficas digitais pelo aparelho Faxiton, modelo MX-20 (Faxitron X-ray Corp. Wheeling, IL, U.S.A.), ajustado para 10 segundos de radiação, com uma tensão de 32 kV, distância focal de 41,6 cm, e contraste da

imagem de 13915 (width) x 5374 (center). As radiografias digitais foram analisadas pelo software ImageJ®, utilizando a macro IJCrop Seed (MEDEIROS et al., 2020b) que gerou as variáveis área do fruto-semente (AF), área do embrião (AE) e preenchimento do fruto-semente (PF).

- **Análise da qualidade fisiológica das sementes**

a) **Germinação (G) e primeira contagem de germinação (PC):** o teste foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram colocadas para germinar em gerbox com duas folhas de papel *germitest*®, umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os gerbox foram mantidos em câmara do tipo B.O.D., previamente regulada à temperatura constante de 25 °C (BRASIL, 2009), envoltos em sacos plásticos para evitar a perda excessiva de água. As avaliações foram realizadas no quarto (primeira contagem) e no sétimo dia (contagem final) após o início do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

b) **Emergência de plântulas (EP) e Índice de velocidade de emergência (IVE):** realizados utilizando-se gerbox de plástico com areia lavada, autoclavada e mantidas umedecidas com 60% da capacidade de campo. O crambe foi semeado em quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. As caixas foram mantidas em sala climatizada, com temperatura próxima a 25 °C. Avaliou-se o número de plântulas emergidas diariamente e com os dados foram calculados a porcentagem final de emergência de plântulas, aos 7 dias após a semeadura, e o índice de velocidade de emergência, empregando-se a fórmula de Maguire (1963).

c) **Envelhecimento acelerado:** as sementes foram distribuídas uniformemente sobre uma tela de alumínio, em caixa tipo gerbox, contendo no fundo 40 mL de água destilada. As caixas foram mantidas fechadas dentro de uma câmara de germinação tipo B.O.D., a 41 °C, por 48 horas. Após este período, procedeu-se ao teste de germinação, conforme metodologia descrita por Brasil (2009), com avaliação realizada com quatro dias após a semeadura e os resultados expressos pela porcentagem de plântulas normais.

d) Condutividade elétrica: o teste foi realizado seguindo-se a metodologia da AOSA (1983), com quatro repetições por tratamento. A massa de $\pm 0,300$ g de semente foi pesada em balança de precisão de 0,001 g e colocada em recipiente contendo 75 mL de água destilada. Os recipientes contendo as sementes foram mantidos em câmara tipo B.O.D., sob a temperatura de 25 °C por 24 horas, e após esse período efetuaram-se as leituras da condutividade com a utilização do condutivímetro Digimed DM-32. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

- **Análise da qualidade sanitária das sementes**

A análise sanitária foi avaliada por meio da incidência de fungos com a realização do método do papel de filtro (“*blotter test*”). Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes por tratamento, dispostas individualmente sobre camada tripla de papel de filtro umedecido com água e herbicida 2,4- D Nortox a 5 ppm de concentração, mantendo-se distanciadas, aproximadamente, 1 cm uma das outras em caixas do tipo gerbox. Em seguida, essas caixas foram dispostas sob lâmpadas de luz fluorescente branca, em câmaras BOD com fotoperíodo de 12 horas pelo período de sete dias à temperatura constante de 20 ± 2 °C. A incidência dos fitopatógenos foi observada com o auxílio de uma lupa, contabilizando-se as sementes infestadas (BRASIL, 2009b). Os resultados foram expressos em porcentagem. Além disso, a identificação dos fungos presentes nas sementes foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópico, expressando-se a porcentagem de cada fungo detectado.

- **Análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (R Core Team, 2012). A pesquisa foi realizada em esquema fatorial 10 x 2, sendo o primeiro fator correspondente ao fluxograma de beneficiamento e o segundo as épocas de armazenamento. Para os dados físicos, peso de mil sementes e análise de pureza, não houve o esquema fatorial, pois não foram realizadas análise após o armazenamento das sementes. Primeiramente foram verificadas a normalidade e a homogeneidade dos resíduos, utilizando-se os testes Shapiro-Wilk e Bartlett. Após atenderem as pressuposições, foi realizado o teste F e, posteriormente, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância,

para o fator ‘fluxograma de beneficiamento’. Para o fator ‘armazenamento’, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS

- **Qualidade física das sementes**

Na Tabela 2, encontram-se as médias para as características físicas das sementes de crambe após o beneficiamento.

Tabela 2- Características físicas das sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, após o beneficiamento.

Fluxograma de beneficiamento	Teor de Água (%)	Análise de Pureza (%)	Peso de Mil Sementes (g)
1 - MAP	12,5	94 C	0,738 E
2 - MAP + EA	12,1	99 A	0,831 B
3 - MAP + EN	11,1	99 A	0,745 E
4 - MAP + MGA	12,2	99 A	0,856 A
5 - MAP + MGM	10,9	99 A	0,725 E
6 - MAP + MGB	11,6	99 A	0,518 G
7 - MAP + MGD	9,7	97 B	0,358 H
8 - MAP + DE	12,2	99 A	0,548 F
9 - MAP + EA + MGA	12,6	99 A	0,760 D
10 - MAP + EN + MGB	10,5	99 A	0,800 C
Média	11,6	97	0,690

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O teor de água das sementes de crambe após o beneficiamento variou entre 9,7 e 12,6%, portanto, adequado para a realização dessa etapa e do armazenamento das sementes. Após limpeza na MAP, as sementes apresentaram 12,5% de T.A. As sementes coletadas na saída de descarte da mesa de gravidade (MAP+MGD) apresentaram menor teor de água (9,7%).

A análise de pureza das sementes demonstrou que apenas a passagem na Máquina de Ar e Peneiras (MAP) foi suficiente para realizar a limpeza do lote, visto que as sementes

coletadas após esse maquinário apresentaram maior ocorrência de material inerte, entre eles folhas e pericarpo, principalmente. A pureza neste tratamento foi de 94%. Vale destacar ainda que resíduos de impurezas que ficaram no lote após passagem pela MAP foram separados pela Mesa de Gravidade, sendo recolhidos na saída de descarte (MAP+MGD). Os resíduos coletados possuíam baixo peso específico, provavelmente sementes mal formadas. Esse tratamento apresentou pureza de 97%. Os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística, todos com 99% de pureza.

Em relação ao peso de mil sementes, destacou-se a eficiência da mesa de gravidade que separou gradativamente, onde foram observadas sementes de maior peso na saída alta – MAP+MGA (PMS de 0,856 g); seguido pela saída média – MAP+MGM (PMS de 0,725 g) e pela saída baixa, MAP+MGB (PMS de 0,518 g), conforme esperado. Ainda nesta máquina, a saída de descarte (MAP+MGD) foi responsável por recolher as sementes de menor peso específico entre todas (0,358 g de peso de mil sementes).

Cabe ressaltar que a saída alta da mesa de gravidade (MAP+MGA) recolheu sementes com valor superior de PMS (0,856 g) entre as demais. As sementes beneficiadas apenas na MAP apresentaram peso de mil sementes correspondente a 0,738 g, valor estatisticamente igual ao obtido nas saídas do espiral - sementes não arredondadas (MAP+ENA) e na MAP+MGM que foi de 0,745 g e 0,725g, respectivamente.

Ainda em relação à qualidade física das sementes, a geração de imagens radiográficas foi eficiente para analisar a morfologia externa e interno dos frutos-semente de crambe (Tabela 3).

Tabela 3 – Análise da morfologia das sementes e embriões de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, após o beneficiamento e após o armazenamento.

Fluxograma de beneficiamento	Área de semente (mm ²)		Área de embrião (mm ²)	
	Após beneficiamento	Após armazenamento	Após beneficiamento	Após armazenamento
MAP	7,73 Ca	7,16 Ca	2,95 Ca	2,85 Ca
MAP + EA	8,43 Aa	7,89 Bb	4,04 Aa	3,25 Ba
MAP + EN	7,23 Da	7,20 Ca	3,01 Ca	3,44 Ba
MAP + MGA	8,08 Ba	8,15 Aa	4,09 Aa	4,06 Aa
MAP + MGM	7,96 Ba	7,69 Ba	3,39 Ba	3,18 Ba
MAP + MGB	7,78 Ca	7,20 Cb	2,99 Ca	2,90 Ca
MAP + MGD	6,86 Ea	6,97 Ca	2,12 Da	2,10 Da
MAP + DE	7,65 Ca	8,02 Ab	2,96 Ca	2,65 Cb
MAP + EA + MGA	7,57 Ca	7,13 Cb	3,76 Aa	2,88 Cb
MAP + EN + MGB	8,07 Ba	7,04 Cb	3,22 Ba	3,38 Ba
CV (%)	2,99		7,06	

Fluxograma de beneficiamento	Preenchimento de semente (%)	
	Após beneficiamento	Após armazenamento
MAP	76,7 Ca	77,6 Ba
MAP + EA	81,7 Ba	81,7 Aa
MAP + EN	87,0 Aa	82,9 Aa
MAP + MGA	86,5 Aa	85,7 Aa
MAP + MGM	76,3 Ca	72,6 Ca
MAP + MGB	76,7 Cb	81,6 Aa
MAP + MGD	75,9 Ca	64,2 Cb
MAP + DE	78,1 Ca	66,8 Cb
MAP + EA + MGA	80,3 Ca	77,0 Ba
MAP + EN + MGB	82,9 Ba	83,9 Aa
CV (%)	4,18	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula pertencem ao mesmo grupo para o fator 'máquinas de beneficiamento', pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para o armazenamento pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à área das sementes de crambe beneficiados, observou-se que as maiores foram as coletadas em MAP+EA (8,43 mm²), seguido pelas coletadas em MAP+MGA (8,08 mm²), MAP+MGM (7,96 mm²) e MAP+EN+MGB (8,07 mm²). As sementes coletadas na MAP obtiveram média de 7,73 mm², e agruparam-se com os da MAP+MGB e da MAP+DE, 7,78 mm² e 7,65 mm², e com as sementes coletadas após MAP+EA+MGA (7,57 mm²). As de MAP+EN e MAP+MGD não apresentaram médias iguais a nenhum outro tratamento. Os valores obtidos por elas foram 7,23 e 6,86 mm², respectivamente.

Após o armazenamento, observou-se a formação de três grupos, em relação ao tamanho das sementes. O grupo que apresentou as maiores médias foi formado pelas sementes coletadas em MAP+MGA e MAP+DE, com 8,15 e 8,02 mm² de área. O segundo grupo foi formado pelas sementes de MAP+EA (7,89 mm²) e MAP+MGM (7,69 mm²). O terceiro grupo reuniu as médias restantes (MAP 7,16 mm²; MAP+EN e MAP+MGB ambos com 7,2 mm²; MAP+MGD 6,97 mm²; MAP+EA+MGA 7,13 mm² e MAP+EN+MGB 7,04 mm²). Ao comparar as sementes após o beneficiamento e após o armazenamento, observou-se diferença em MAP+EA, MAP+EN, MAP+MGB, MAP+DE, MAP+EA+MGA e MAP+EN+MGB.

Em relação à área dos embriões, após o beneficiamento, observou a formação de quatro grupos de médias. As sementes com maiores embriões foram as provenientes da MAP+EA (4,04 mm²), da MAP+MGA (4,09 mm²) e da união deles - MAP+EA+MGA (3,76 mm²). Outro grupo formado consistiu nos embriões de MAP+MGM (3,39 mm²) e MAP+EN+MBG (3,22 mm²). As sementes que apresentaram menores embriões foram as coletadas após a MAP, MAP+EN, MAP+MGB e na deriva da mesa (MAP+DE – 2,96 mm²). As sementes da saída de descarte (MAP+MGD) apresentaram embriões de 2,12 mm² e não se agruparam com nenhum tratamento.

Após o armazenamento, quatro grupos também foram formados. As sementes coletadas na MAP+MGA destacaram-se por apresentam os maiores embriões (4,06 mm²). Um grupo foi formado com MAP+EA, MAP+EN, MAP+MGM e MAP+EN+MGB e os valores de área de embrião encontrados foram de 3,25 mm²; 3,44 mm²; 3,18 mm² e 3,38 mm², respectivamente. Outro grupo formado reuniu as médias da MAP (2,85 mm²), MAP+MGB (2,9 mm²), MAP+DE (2,65 mm²) e MAP+EA+MGA (2,88 mm²). Novamente, o descarte da mesa gravitacional (MAP+MGD) obteve o valor de 2,1 mm² e não se agrupou com qualquer outra média. Em relação ao comportamento das médias após o armazenamento, observaram-se que apenas as médias de MAP+DE e MAP+EA+MGA diferiram.

O preenchimento das sementes após o beneficiamento também foi avaliado e observou-se que aquelas que foram coletadas em MAP+EN e MAP+MGA foram as mais preenchidas, com 87% e 86,5%, respectivamente. A saída de sementes arredondadas do espiral - MAP+EA e MAP+EN+MGB agruparam com médias de 81,7% e 82,9%, respectivamente. As médias restantes formaram um único grupo (MAP – 76,7%;

MAP+MGM – 76,3%; MAP+MGB – 76,7%; MAP+MGD – 75,9%; MAP+DE – 78,1% e MAP+EA+MGA – 80,3%).

A avaliação do preenchimento das sementes após o armazenamento demonstrou a formação de 3 grupos de médias, onde as maiores foram observadas nas duas saídas do espiral (MAP+EA - 81,7% e MAP+EN - 82,9%), após MAP+MGA e MAP+MGB (85,7% e 81,6%) e após MAP+EN+MGB (83,9%). O segundo grupo de médias formado reuniu as sementes da MAP (77,6%) e MAP+EA+MGA (77%). O último grupo formado reuniu MAP+MGM, MAP+MGD e MAP+DE (72,6% e 64,2 e 66,8%). Em relação à comparação das medias obtidas após beneficiamento e após armazenamento, observou-se que apenas três médias obtiveram diferença entre as épocas (MAP+MGB, MAP+MGD e MAP+DE).

Com esta análise constatou-se que, antes do armazenamento, as sementes arredondadas provenientes do espiral (MAP+EA) apresentaram maior tamanho em relação aos demais (8,43 mm²) e maior área de embrião (4,04 mm²), que preenchem 81,7% do espaço dos frutos. Após o armazenamento, essas sementes tiveram diminuição na área (7,89 mm²) e no embrião (3,25 mm²), porém mantiveram a porcentagem de preenchimento (81,7%).

Em todas as avaliações físicas, as sementes coletadas em MAP+MGD apresentaram menor área após o beneficiamento (6,86 mm²) e após o armazenamento (6,97 mm²), sem diferença entre elas. Além disso, apresentaram menor tamanho de embrião (2,12 mm² após beneficiamento e 2,10 mm² após armazenamento) e menor porcentagem de preenchimentos, onde a média foi de 75,9% após o beneficiamento e 64,2% após o armazenamento. Essas sementes foram numericamente inferiores aos demais em todas essas variáveis obtidas pelo teste de raios-x. É importante lembrar que, em uma linha de beneficiamento padrão, as sementes coletadas nesta saída serão descartadas do lote, e neste trabalho, elas foram avaliadas a fim de confirmar essa informação, visto que a desuniformidade de maturação do crambe dificulta a formação de lotes com qualidade uniforme.

Cabe destacar ainda que as sementes que apresentaram os valores superiores de PMS (coletadas em MAP+MGA e MAP+EA) eram as que possuíam maior área de embrião e maior preenchimento, do mesmo modo que as coletadas em MAP+MGD, que possuía menor tamanho e menor área de embrião, também apresentaram menor preenchimento.

- **Qualidade fisiológica das sementes**

Na Tabela 4 são apresentadas as médias das características fisiológicas das sementes de crambe, imediatamente após passagem nas máquinas e após um ano de armazenamento.

Tabela 4 – Porcentagem de Germinação (%) e Primeira Contagem (PC%) de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, após o beneficiamento e após o armazenamento.

Fluxograma de beneficiamento	Germinação (%)		Primeira Contagem (%)	
	Após beneficiamento	Após armazenamento	Após beneficiamento	Após armazenamento
MAP	76 Ba	67 Ab	61Aa	37 Cb
MAP + EA	84 Aa	70 Ab	58 Aa	60 Aa
MAP + EN	82 Aa	70 Ab	57 Aa	45 Bb
MAP + MGA	76 Ba	70 Ab	51 Ba	33 Db
MAP + MGM	66 Da	63 Ba	45 Ca	32 Db
MAP + MGB	70 Ca	52 Cb	57 Aa	35 Cb
MAP + MGD	39 Fa	37 Da	38 Da	21 Eb
MAP + DE	60 Ea	51 Cb	52 Ba	30 Db
MAP + EA + MGA	76 Ba	69 Ab	54 Ba	47 Bb
MAP + EN + MGB	65 Da	61 Bb	48 Ca	30 Db
Média	69	61	52	37
CV (%)	3,4		6,3	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, pertencem ao mesmo grupo para o fator ‘fluxograma de beneficiamento’, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si para o armazenamento, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O valor de porcentagem de germinação (G%) encontrado na avaliação das sementes após beneficiamento na máquina de ar e peneiras (MAP), primeiro equipamento recomendado para qualquer espécie, foi de 76%. Observaram-se valores superiores de germinação nas sementes coletas após o beneficiamento na espiral sendo esses correspondentes a 84% na saída de sementes arredondadas (MAP+EA) e a 82%, na saída de sementes não arredondadas (MAP+EN). Esses valores foram também superiores em relação às demais máquinas.

As sementes provenientes de MAP+MGA e MAP+EA+MGA agruparam-se com as sementes beneficiadas apenas na MAP, apresentando, inclusive, a mesma média (76%).

Com 70% de germinação, as sementes provenientes da MAP+MGB isolaram-se em um grupo. Em contrapartida, as da MAP+MGM agruparam-se com as sementes beneficiadas em MAP+EN+MGB, os valores obtidos foram de 66% e 65%, respectivamente. Já as sementes de MAP+DE e MAP+MGD foram as que apresentaram menor germinação (60% e 30%, respectivamente).

Após a realização do armazenamento foram formados menos grupos de médias. Com germinação de 70% cada uma, as sementes coletadas após as duas saídas do espiral (MAP+EA e MAP+EN), que antes isolaram-se em um grupo, agora agruparam-se com as sementes coletadas após passagem na MAP (67%), após MAP+MGA (70%) e após MAP+EA+MGA (69%). Os outros grupos formados foram os das sementes coletadas após MAP+MGM (63%) e MAP+EN+MGB (61%); e das sementes de MAP+MGB (52%) e MAP+DE (51%). As sementes para descarte (MAP+MGD) não se agruparam com nenhum outro tratamento (37%).

Ao comparar a germinação do crambe antes e após o armazenamento observou-se que todos os tratamentos apresentaram diminuição na germinação com exceção das sementes coletas em MAP+MGM e MAP+MGD, ou seja, essas sementes mantiveram a germinação após um ano.

Após o armazenamento, as sementes de MAP+MGB, MAP+DE e MAP+MGD apresentaram-se abaixo do mínimo estabelecido pela portaria do MAPA (BRASIL, 2013), com valores de 52, 37 e 52%, respectivamente, e não poderiam ser comercializadas.

A primeira contagem é um teste de vigor que parte do pressuposto de que as sementes mais vigorosas germinam mais rápido, sendo realizado simultaneamente ao teste de germinação. De acordo com a Tabela 4, as médias referentes às avaliações, que ocorreram após o beneficiamento, foram agrupados em quatro grupos distintos. O primeiro deles agrupou as sementes beneficiadas em MAP, MAP+EA, MAP+EN e MAP+MGB. As porcentagens obtidas foram de 61%, 58%, 57% e 57%, respectivamente. O segundo grupo de medias agrupadas consistiu nas sementes coletadas em MAP+MGA, MAP+DE e MAP+EA+MGA. Os valores obtidos foram 51%, 52% e 54%, respectivamente.

O terceiro grupo formado consistiu nas sementes coletadas em MAP+MGM e MAP+EN+MGB; as médias desses tratamentos foram 45 e 48%, respectivamente. Por fim, as

sementes coletadas em MAP+MGD não se agruparam com qualquer outro tratamento, e essas apresentaram apenas 38% de plântulas normais na primeira contagem.

Após o armazenamento das sementes, notou-se que as sementes coletadas em MAP+EA foram superiores em relação as demais, e apresentaram 60% de plântulas normais. As sementes recolhidas em MAP+EN e em MAP+EN+MGB agruparam-se em um mesmo conjunto de médias, com os valores correspondentes a 45 e 47%, respectivamente.

As sementes passadas apenas na MAP apresentaram média de 37% e agruparam-se com as sementes coletadas em MAP+MGB; essas últimas apresentaram 35% de plântulas normais. As sementes recolhidas em MAP+MGA, MAP+MGM, MAP+DE (deriva) e MAP+EN+MGB foram reunidas em um mesmo grupo, e as médias obtidas foram, 33%, 32%, 30% e 30% respectivamente. Por fim, as sementes do descarte (MAP+MGD) apresentaram menor porcentagem com apenas 21%.

Ao comparar as sementes avaliadas após o beneficiamento e armazenamento, é possível observar um decréscimo na porcentagem de plântulas normais na primeira contagem, em todos os tratamentos, exceto em MAP+EA. Nesse fluxograma houve acréscimo numérico na porcentagem, que passou de 58 para 60%, no entanto, não houve diferença significativa.

As sementes beneficiadas no separador espiral (MAP+EA e MAP+EN) foram tão vigorosas quanto as da MAP. No entanto, o armazenamento foi prejudicial a elas, pois um decréscimo acentuado de vigor foi notado em quase todos os tratamentos. A exceção ocorreu com as sementes de MAP+EA que mantiveram sua qualidade mesmo após um ano de armazenamento.

Diferente do teste de germinação, cuja metodologia é prescrita pelas RAS (2009) e é realizado em condições ótimas de temperatura, umidade e luz para as sementes, o teste de emergência de plântulas consiste na semeadura em areia em diferentes condições, sendo possível uma melhor expressão do vigor. Na Tabela 5 estão expressos os valores de porcentagem de plântulas de crame emergidas e o índice de velocidade delas, após o beneficiamento e após um ano de armazenamento.

Tabela 5: Porcentagem de Emergência de plântulas (EP%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, após o beneficiamento e após o armazenamento.

Fluxograma de beneficiamento	Emergência de plântulas (%)		Índice de Velocidade de Emergência	
	Após beneficiamento	Após armazenamento	Após beneficiamento	Após armazenamento
MAP	98 Aa	87 Cb	15,42 Aa	10,46 Cb
MAP + EA	93 Ba	92 Ba	14,92 Aa	12,07 Ab
MAP + EN	99 Aa	95 Bb	15,27 Aa	12,07 Ab
MAP + MGA	100 Aa	98 Aa	14,79 Aa	12,52 Ab
MAP + MGM	97 Aa	94 Bb	15,39 Aa	11,71 Ab
MAP + MGB	97 Aa	95 Ba	15,20 Aa	12,30 Ab
MAP + MGD	73 Da	66 Db	11,25 Da	08,15 Db
MAP + DE	85 Ca	87 Ca	14,30 Ba	11,43 Bb
MAP + EA + MGA	91 Ba	93 Ba	14,11 Ba	12,29 Ab
MAP + EN + MGB	93 Bb	95 Ba	13,26 Ca	12,36 Ab
Média	92	90	14	12
CV (%)	2,1		3,0	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, pertencem ao mesmo grupo para o fator ‘fluxograma de beneficiamento’, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si para o armazenamento pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à emergência de plântulas após o beneficiamento das sementes foi observada a divisão dos tratamentos em quatro grupos distintos. O primeiro grupo consistiu nas sementes coletadas após a MAP (98%); MAP+EN (99%); MAP+MGA (100%) e após MAP+MGM e MAP+MGB, ambas com 97% de emergência.

O segundo grupo observado reuniu as sementes coletadas em MAP+EA (93%), em MAP+EA+MGA (91%) e MAP+EN+MGB (93%). As sementes beneficiadas nos fluxogramas restantes, MAP+DE e MAP+MGD, ficaram cada uma em um grupo distinto, e as plântulas tiveram emergência de 85 e 73%, respectivamente.

Após o armazenamento, houve destaque para as sementes de MAP+MGA, sendo estas superiores em relação as demais, com 98% de emergência de plântulas. As sementes recolhidas após espiral (MAP+EA- 92% e MAP+EN – 95%), MAP+MGM (94%), MAP+MGB (95%), MAP+EA+MGA (93%) e MAP+EN+MGB (95%), agruparam em um grupo. Houve ainda um agrupamento entre a MAP e a deriva da mesa (MAP+MGD), ambas com média de 87%. Assim como na avaliação após o beneficiamento, as sementes de

MAP+MGD não agruparam com outra média, e obteve porcentagem de emergência de 77% e 66%, respectivamente.

Ao comparar a emergência após beneficiamento e após armazenamento, nota-se que não houve diferenças entre as sementes dos seguintes tratamentos: MAP+EA, MAP+MGA, MAP+MGB, MAP+DE e MAP+EA+MGA. Por outro lado, ocorreu diferença entre MAP, MAP+EN, MAP+MGM, MAP+MGD e MAP+EN+MGB, destes, observou-se incremento, com diferença estatística, apenas para o último.

Ao avaliar a velocidade com que as plântulas emergiram, observou-se que após o beneficiamento as sementes recolhidas após passagem na MAP (15,42), em MAP+EA (14,92), MAP+EN (15,27) e nas três saídas comumente utilizadas da mesa de gravidade (MAP+MGA 14,79; MAP+MGM 15,39 e MAP+MGB 15,20), apresentaram médias superiores, formando o maior grupo. O segundo grupo formou-se com as sementes de MAP+DE (14,30) e MAP+EA+MGA (14,11). Por fim, as sementes dos tratamentos restantes não agruparam-se e obtiveram médias de 11,25 (MAP+MGD) e 13,26 (MAP+EN+MGB).

Após o armazenamento, as sementes coletadas em MAP+EA (12,07), MAP+EN (12,07), MAP+MGA (12,52), MAP+MGM (11,71), MAP+MGB (12,30), MAP+EA+MGA (12,29) e MAP+EN+MGB (12,36) tiveram médias superiores. As sementes dos tratamentos restantes não agruparam-se e formaram três grupos diferentes. As médias foram: MAP+DE (11,43), MAP (10,46), e MAP+MGD (8,15). Por fim, ao comparar as duas épocas de armazenamento, houve diferença entre todos os tratamentos.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica das sementes de crambe avaliadas após o beneficiamento e após um ano de armazenamento.

Tabela 6: Envelhecimento Acelerado (EA) e Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, após o beneficiamento e após armazenamento.

Fluxograma de beneficiamento	Envelhecimento Acelerado (%)		Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	
	Após beneficiamento	Após armazenamento	Após beneficiamento	Após armazenamento
MAP	62 Ca	49 Bb	269 Ca	280 Cb
MAP + EA	74 Aa	58 Ab	218 Aa	224 Aa
MAP + EN	74 Aa	46 Cb	238 Ba	244 Ba
MAP + MGA	51 Da	20 Hb	360 Fa	366 Ga
MAP + MGM	63 Ca	25 Gb	241 Ba	294 Db
MAP + MGB	74 Aa	33 Eb	308 Da	333 Eb
MAP + MGD	33 Ea	10 Ib	493 Ga	507 Hb
MAP + DE	68 Ba	42 Db	351 Fa	346 Fa
MAP + EA + MGA	70 Ba	29 Fb	326 Ea	362 Gb
MAP + EN + MGB	63 Ca	23 Gb	225 Ab	216 Aa
Média	63	33	303	317
CV (%)	4,6		2,0	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, pertencem ao mesmo grupo para o fator 'fluxograma de beneficiamento', pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si para o armazenamento pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Pelo envelhecimento acelerado das sementes de crambe, houve maior destaque para os tratamentos beneficiados no separador espiral. As sementes de MAP+EA e MAP+EN, após passagem nesse equipamento, apresentaram maior porcentagem de plântulas normais; com isso, formou-se um grupo com as sementes coletadas em MAP+MGB. As médias obtidas foram de 74% de germinação.

Um segundo grupo foi formado com as sementes de MAP+DE (68%) e as sementes da MAP+EA+MGA (70%). O terceiro grupo formado consistiu nas sementes de MAP (62%), MAP+MGM (63%) e MAP+EN+MGB (63%). Por fim, os dois tratamentos restantes, MAP+MGA e MAP+MGD, não agruparam-se e apresentaram germinação de 51% e 32% após envelhecimento.

Após o armazenamento as sementes dividiram-se em nove grupos. Houve destaque para as sementes beneficiadas em MAP+EA, com germinação de 58%. Em seguida, destacaram-se as sementes beneficiadas na MAP com germinação de 49%, seguidas pelas sementes de MAP+EN (46%), e pelas sementes que restaram sobre a MG (MAP+DE), com

germinação de 42%. MAP+MGB obteve 33%, MAP+EA+MGA (29%), MAP+MGM (25%) e MAP+EN+MGB (23%), e agruparam-se em um mesmo grupo. Por fim, menores resultados foram obtidos em MAP+MGA, 20% de germinação, e no descarte (MAP+MGD), com apenas 10%.

Ao comparar as germinações das sementes envelhecidas após o beneficiamento com as que foram armazenadas, notou-se que todos os tratamentos sofreram decréscimo brusco de vigor.

A qualidade das sementes coletadas nas duas saídas do espiral (MAP+EA e MAP+EN) refletiu-se novamente na avaliação após o envelhecimento. Essas sementes, que já se apresentaram superiores nos testes de germinação, primeira contagem e IVE, destacaram-se novamente. Ademais, após o armazenamento, as sementes de MAP+EA tiveram a maior média entre todas; logo, essas devem ser destinadas para regiões que possuam alta umidade relativa e temperaturas elevadas por apresentarem mais resistência a esses fatores.

O teste de condutividade elétrica consiste na medição de íons liberados pelas sementes em solução e está relacionado à capacidade das membranas plasmáticas de se reorganizarem durante o processo de absorção de água. Quanto maior a integridade dessas membranas, maior o vigor das sementes.

Foi o teste que mais estratificou as médias em grupos de níveis de vigor na avaliação realizada após o beneficiamento. Foram oito grupos ao total. Um dos grupos formou-se com as sementes MAP+EA e MAP+EN+MGB, e apresentaram 218 e 225 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ respectivamente. O outro grupo formou-se com as sementes coletadas em MAP+EN e MAP+MGM. As sementes desses tratamentos obtiveram condutividade elétrica de 238 e 241 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Os demais tratamentos ficaram em grupos isolados, e desses, destacaram-se as sementes da saída de descarte da MG que apresentaram com menor qualidade e condutividade elétrica de 493 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Os valores obtidos pelos outros tratamentos foram: MAP - 269 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, MAP+MGB - 308 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, MAP+MGA - 360 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ e MAP+DE - 351 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (Tabela 6).

Novamente, as sementes coletadas no separador espiral, e que se destacaram quanto ao vigor pelos testes anteriores, apresentaram menores valores de condutividade e, conseqüentemente, melhor qualidade entre as demais.

- **Qualidade sanitária das sementes**

Na tabela 7 estão expressas as porcentagens de incidência de fungos nas sementes de crambe após o beneficiamento e após o armazenamento.

Tabela 7 – Incidência de fungos (%) de sementes de crambe, cv. FMS Brilhante, avaliadas após o beneficiamento e após o armazenamento.

Fluxograma de beneficiamento	Incidência de fungos (%)		Média
	Após beneficiamento	Após armazenamento	
MAP	66	80	73 C
MAP + EA	55	67	61 B
MAP + EN	47	63	55 A
MAP + MGA	38	58	48 A
MAP + MGM	55	65	60 B
MAP + MGB	69	73	71 C
MAP + MGD	69	84	77 D
MAP + DE	64	77	71 C
MAP + EA + MGA	52	66	59 B
MAP + EN + MGB	47	60	53 A
Média	56 a	69 b	
CV (%)	3,9		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, pertencem ao mesmo grupo para o fator ‘fluxograma de beneficiamento’, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si para o armazenamento pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com o teste F, não houve interação entre os fatores estudados; por isso, para essa característica, eles foram estudados de forma isolada. Para o fator ‘fluxograma de beneficiamento’, observou-se menor incidência de fungos nas sementes de MAP+EN (55%), MAP+MGA (48%) e após a passagem nas MAP+EN+MGB (59%). As sementes coletadas em MAP+EA, MAP+MGM e MAP+EA+MGA foram reunidas em outro grupo e

apresentaram incidência de fungos de 60, 61 e 59%, respectivamente. Com os valores de 73%, 71% e 71% de incidência de fungos, as sementes coletas após passagem na MAP, na MAP+MGB e na MAP+DE, agruparam-se. Por fim, a maior ocorrência de fungos foi observada nas sementes da MAP+MGD (77%).

O estudo isolado do segundo fator demonstrou que o armazenamento contribuiu para a incidência de fungos nas sementes de crambe, visto que a média da porcentagem de fungos observados passou de 56%, na avaliação ocorrida após o beneficiamento, para 69% na avaliação após o armazenamento.

Na tabela 8 são mostradas as porcentagens de fungos identificados nas sementes de crambe após o beneficiamento e após um ano de armazenamento.

Tabela 8 – Porcentagem de fungos em sementes de crambe, cv. FMS Brilhante, avaliadas imediatamente após o beneficiamento e após o armazenamento.

FLUXOGRAMA DE BENEFICIAMENTO	Porcentagem de fungos encontrados após beneficiamento					
	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Rhizopus</i> spp.	Indeterminado
MAP	6	8	63	1	0	0
MAP + EA	5	17	55	3	0	0
MAP + EN	6	9	34	3	3	1
MAP + MGA	8	8	21	1	2	2
MAP + MGM	8	7	38	3	0	1
MAP + MGB	10	18	44	3	5	0
MAP + MGD	5	12	46	5	7	2
MAP + DE	12	43	40	5	1	0
MAP + EA + MGA	8	18	38	3	3	0
MAP + EN + MGB	7	9	39	2	3	2

FLUXOGRAMA DE BENEFICIAMENTO	Porcentagem de fungos encontrados após armazenamento					
	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Rhizopus</i> spp.	Indeterminado
MAP	17	8	79	2	1	0
MAP + EA	6	15	57	0	1	0
MAP + EN	12	17	55	1	0	0
MAP + MGA	3	13	40	1	1	1
MAP + MGM	9	19	34	3	3	0
MAP + MGB	13	22	57	3	2	0
MAP + MGD	21	28	76	4	9	1
MAP + DE	10	34	61	1	1	0
MAP + EA + MGA	10	14	32	0	0	0
MAP + EN + MGB	17	16	30	1	0	0

Em relação a ocorrência de fungos após a passagem nas máquinas de beneficiamento, observou-se maior incidência de *Alternaria* spp. nas duas épocas de armazenamento, com exceção para a MAP+DE que na avaliação realizada após o beneficiamento apresentou maior incidência de *Penicillium* spp (43%).

Nos testes realizados, observou-se a eficácia da mesa de gravidade, que separou de forma gradativa as sementes, onde as de maior densidade apresentaram menor incidência de fungos; a porcentagem de *Alternaria* spp. na saída alta (MAP+MGA) foi de 21%, na saída média foi de 38% (MAP+MGM) e na saída baixa 44% (MAP+MGB), antes do armazenamento. Segundo Mertz et al. (2007), este equipamento remove frações de sementes com menor densidade e promove alterações positivas na qualidade fisiológica e sanitária do lote.

Conforme mostrado na Tabela 7, houve incremento de fungos de uma época para outra. Porém não foi observado aumento na diversidade, visto que os patógenos que ocorreram após beneficiamento foram os mesmos que ocorreram após armazenamento. No entanto, a incidência de fungos de armazenamento aumentou entre as avaliações, com destaque para o *Aspergillus* spp. e o *Penicillium* spp.

A avaliação da qualidade sanitária (Tabela 7) das sementes beneficiadas corrobora os dados de qualidade fisiológica (Tabelas 4, 5 e 6) e física (Tabelas 2 e 3) obtidos nesta pesquisa, onde observou-se maior viabilidade, vigor e melhor sanidade nas sementes coletadas após passagem no separador espiral.

DISCUSSÃO

- **Qualidade física das sementes**

O teor de água das sementes interfere na absorção da radiação pelos tecidos, uma vez que a água dificulta a geração da imagem e, conseqüentemente, visualização da morfologia interna (SIMAK, 1991). Estudos realizados com análise de raios-X em sementes de melão (MEDEIROS et al., 2020a), abóbora (SILVA et al., 2014), mamona (KOBORI et al., 2012) e

outros, demonstram que a teor de água das sementes na faixa de 6 a 12% é adequado para visualização da parte interna.

Embora seja uma máquina de acabamento e não recomendada para limpeza das sementes, observou-se que a mesa densimétrica serviu para finalizar a operação de remoção de impurezas. Moreano et al. (2013) afirmam que para soja, por possuir uma restrição maior de impureza, faz-se necessária a finalização do beneficiamento das sementes na MG para concluir a limpeza e assim atingir percentual máximo de 1%.

De acordo com a portaria nº 16, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, o padrão mínimo de pureza para comercialização de sementes *Crambe abyssinica*, em todas as categorias, é de 90% (BRASIL, 2008). Dessa forma, o beneficiamento possibilitou alcançar o padrão mínimo para comercialização, em todas os equipamentos avaliados. Estes resultados demonstram a importância do beneficiamento para essa espécie.

O peso de mil sementes está diretamente associado à maturidade e sanidade das sementes. Valores de PMS variando entre 6 g e 8 g resultam plântula mais vigorosas de crambe (ZENATTI et al., 2012; SANTOS E ROSSETO, 2013; OLIVEIRA et al., 2014). Nery et al. (2009) observaram que as sementes de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) com maior peso de mil sementes eram provenientes da descarga superior da MG, indicando a eficiência da classificação, quando se utiliza como base de separação a densidade, em sementes de forrageiras.

Ainda em relação à qualidade física das sementes, evidencia-se a importância da análise de imagens por meio de raios x, pois apresenta-se como um método simples, de rápida resposta e não-destrutivo (ABUD et al., 2018). Segundo as RAS (BRASIL, 2009), esse teste tem o objetivo de determinar a proporção de sementes cheias e vazias ou com danos, e por muitos anos, ficou restrito a essas variáveis. Ele mostrou-se eficiente em mamona - *Ricinus communis* L. (KOBORI et al., 2012), abóbora - *Cucurbita moschata* (CARVALHO et al., 2009), entre outros. Atualmente, com a digitalização das imagens e automação das análises, é possível aferir de forma precisa as características morfométricas dos frutos e, para muitas espécies, do embrião (melão - *Cucumis melo* – MEDEIROS et al., 2020; brócolis - *Brassica*

oleracea var. *italica* - ABUD et al., 2018; milho e sorgo - JAVORSKI & CICERO, 2017; leucena - *Leucaena leucocephala* - MEDEIROS et al., 2018).

O estudo da morfometria das sementes pode trazer benefícios para programas de melhoramento genético (TANABATA et al., 2012). Informações desse tipo demonstram alta relação com o vigor das plântulas (ABUD et al., 2018; JAVORSKI et al., 2018; MEDEIROS et al., 2020).

Em sementes de melão (*Cucumis melo* L.), a análise de raios-X permitiu a observação das estruturas internas e a diferenciação de cultivares. Nessa espécie, a densidade relativa e densidade integrada, que são variáveis relacionadas ao número de pixels na imagem, se destacaram em prever sobre o potencial fisiológico das sementes, o que demonstra o nicho de variáveis que pode ser retirado dessa análise (MEDEIROS et al., 2020).

Embora a análise de imagens permita aferir a qualidade de lotes de forma rápida, apenas essas características não são suficientes para uma tomada de decisão precisa, sendo necessária a realização de avaliações fisiológicas para determinar a qualidade das sementes.

- **Qualidade fisiológica das sementes**

Para discussão da germinação, é importante destacar que, adota-se como padrão mínimo nacional para a comercialização de sementes de crambe, o valor de 60% de germinação, por ser uma espécie semelhante a canola. Observa-se que, após o beneficiamento, em todas as máquinas foram obtidos valores superiores ou iguais ao padrão mínimo, com exceção das sementes coletadas na saída de descarte da mesa de gravidade (MGD – 39%), que já são comumente excluídas do lote.

Os dados indicam eficácia da etapa de beneficiamento para a espécie, visto que melhoras na germinação foram obtidas em relação a passagem das sementes na máquina de ar e peneira. Além disso, apontam a eficiência da mesa gravitacional em eliminar sementes de baixo peso específico (Tabela 3) e, conseqüentemente, que apresentam baixa viabilidade (39%), garantindo ao lote beneficiado melhor qualidade. Outro fator importante é a possibilidade do uso da mesa de gravidade na divisão do lote em níveis de qualidade, uma vez

que diferenças foram observadas entre as saídas nessa máquina, nas duas épocas de armazenamento. Isso é fundamental na tomada de decisão em relação à destinação dos lotes e na ordem de prioridade de venda.

Em relação ao uso dos dois equipamentos em conjunto, observou-se que as sementes arredondadas recolhidas do espiral e depois recolhidas na saída alta da MG (MAP+EA+MGA) não apresentaram ganhos na viabilidade quando comparadas com a MAP, independente do armazenamento. Entretanto, o recolhimento nas outras saídas desses equipamentos (não arredondadas do espiral – MAP+EN e saída média da MG – MAP+MGM) representou perda na porcentagem de germinação das sementes, nas duas épocas.

Vale dizer que o uso do separador espiral é pouco difundido no beneficiamento da maioria das espécies por ser recomendado para sementes arredondadas. Sua utilização é indicada para a soja, no entanto, alguns trabalhos relatam a alta incidência de dano que esse equipamento pode acarretar a essa espécie (ZAGUI et al., 2018; LOPES et al., 2011; SILVA et al., 2011).

Um fato que deve ser destacado em relação ao uso do espiral, e que pode ter influenciado nos resultados obtidos, é que as sementes utilizadas nesta pesquisa foram colhidas e retiradas dos racemos manualmente. Esse processo, embora eficiente, resulta em muitas sementes com parte do pedúnculo aderido, porém, presença dessa estrutura é indiferente para a definição de semente pura nessa espécie (BRASIL, 2009). A realização de trabalhos anteriores permitiu notar que o pedúnculo age como fonte de patógenos e resulta em porcentagens inferiores de plântulas normais no teste de germinação. A passagem do lote no espiral foi eficiente na eliminação das sementes que apresentavam essa estrutura aderida pois dificultou a descida e fez com que elas ficassem presas na estrutura. França-Neto et al. (2016) já alertaram sobre o acúmulo de palha no centro dos separadores em espiral, ocasionado pelo desajuste da MAP quando não realiza a limpeza de forma eficiente, comprometendo a função do equipamento.

A mesa de gravidade é a máquina mais utilizada (depois da MAP) em uma unidade de beneficiamento de sementes, e é considerada uma máquina de acabamento. Seu uso é recomendado para várias espécies, como soja (CONRAD et al., 2017), café (GIOMO et al., 2004), mamona (DRUMOND et al., 2019), além de gramíneas como azevém (VERGARA et

al, 2019) e panicum (MELO et al., 2016). Além disso, é fundamental para hortaliças, como alface e tomate (PINHEIRO E PANOZZO, 2018).

Uma das vantagens da utilização da mesa gravitacional é a exclusão de sementes de baixo peso específico do lote e a estratificação dele em partes menores de diferentes densidade e qualidade. É o caso do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), uma hortaliça pertencente à família *Brassicaceae* e que apresenta sementes com diferenças na densidade, em virtude da desuniformidade de maturação, característica observada no crambe. Segundo Nery et al. (2009), para essa espécie, é fundamental a passagem das sementes em máquina de ar e peneiras e mesa gravitacional a fim de atender os padrões mínimos de pureza e germinação para a comercialização de sementes certificadas. Além disso, esses equipamentos são eficientes para a separação do lote de sementes em frações com qualidades física e fisiológica distintas.

Mertz et al. (2007) observaram a eficácia da mesa de gravidade na estratificação de vários genótipos de feijão-miúdo e notaram que nos genótipos Amendoim e Mosqueado, a germinação decresceu no sentido da descarga superior para inferior. Resultados semelhantes foram observados por Gadotti et al. (2006), com sementes de brócolis (*Brassica oleraceae* var. *italica*).

Ao contrário do que foi observado para o crambe, onde a união de equipamentos não apresentou tanta relevância; para algumas espécies, como é o caso do feijão mungo verde, é importante estabelecer uma linha de beneficiamento, por exemplo, em lotes provenientes de colheita única das vagens o ideal é o uso da máquina de ventilador e peneiras, seguida do separador pneumático e da mesa de gravidade (ARAUJO et al., 2011).

Por fim, cabe ressaltar aqui a importância da máquina de ar e peneira em uma unidade de beneficiamento de sementes. Ela é considerada uma máquina básica e por isso recomendada para todas as espécies. Muitas vezes a passagem das sementes por este equipamento já é suficiente para limpeza total do lote (CARVALHO E NAKAGAWA, 2016).

Em relação a primeira contagem de germinação, ele é importante por expressar diferenças na velocidade de germinação das sementes. É um ótimo indicador de qualidade, visto que as sementes mais vigorosas tendem a germinar mais rapidamente que as menos vigorosas (BARROS et al., 2002).

É importante ressaltar que o lote beneficiado apenas na MAP já apresentou na primeira contagem de germinação valores acima do padrão mínimo para comercialização, que é de 60% de germinação (BRASIL, 2013), dando indícios que o lote inicial já apresentava um vigor alto. Entretanto, após passagem pelos equipamentos, os valores obtidos foram numericamente inferiores.

Macedo et al. (2020), ao estudarem a influência da MG na qualidade fisiológica de sementes de cártamo, observaram que aquelas que foram coletadas na saída superior apresentavam primeira contagem de germinação até 15% maior em relação à saída intermediária baixa e 22% em relação ao descarte.

Em relação as variáveis obtidas pelo teste de emergência (porcentagem de plântulas emergidas e IVE), cabe destacar que o beneficiamento das sementes no separador espiral e na mesa de gravidade não representou ganhos na emergência de plântulas antes do armazenamento e que, ao utilizar esses equipamentos em sequência (primeiro espiral e depois mesa gravitacional), observou-se decréscimo no vigor das sementes. Dessa forma, o beneficiamento, além da máquina de ar e peneiras, pode tornar o processo desnecessário, dependendo da qualidade física e fisiológica do lote inicial. Entretanto, embora não haja incremento de emergência observou-se que as sementes beneficiadas apenas na MAP perderam a capacidade de emergirem plântulas normais mais rapidamente após o armazenamento; portanto, se houver a necessidade de um armazenamento, o uso dos outros equipamento torna-se vantajoso.

Nery et al. (2009) observaram estratificação de sementes de nabo forrageiro devido ao beneficiamento na mesa densimétrica, com diferenças entre todas as descargas. Houve mais plântulas emergidas de sementes coletadas na saída superior da MG em comparação com a MAP e com as sementes não beneficiadas.

A emergência de plântulas de coentro (*Coriandrum sativum*) foi avaliada por Gadotti et al. (2020) que estudaram a influência da regulagem da mesa densimétrica em lotes de sementes. Observaram que, embora melhores resultados sejam encontrados em sementes coletadas nas saídas superiores, a regulação do ângulo da mesa atua de forma diferente em cada lote.

Assim como observado para emergência, para o IVE, notou-se que o uso de equipamentos de beneficiamento, além da máquina de ar e peneiras somente é vantajoso se as sementes forem passar por uma condição de armazenamento. Gadotti et al. (2006) observaram, em sementes de brócolis, que pelo índice de velocidade de emergência foi possível detectar o efeito da separação das sementes em quatro níveis de vigor, com superioridade para as sementes da parte alta e inferioridade para as sementes da parte baixa. No presente trabalho, não foi possível uma diferenciação de qualidade para as saídas da MG por meio desta variável.

Os resultados obtidos com o teste de envelhecimento acelerado mostrou-se similar aos dados obtidos no teste de germinação, com as sementes descarregadas nas saídas do espiral (EA e EN) apresentando-se superiores a das demais descargas. Araujo e et al. (2011) observaram maiores porcentagem de germinação de sementes de feijão mungo verde, obtidas no teste de germinação e no teste de envelhecimento acelerado, coletadas em linhas de beneficiamento que continham a parte alta da mesa gravitacional em seu fluxo, demonstrando a importância desse equipamento no aprimoramento da qualidade de sementes. Resultados semelhantes foram obtidos por Mertz et al. (2007), onde as descargas superiores da MG apresentaram sementes com maior germinação que as inferiores.

Em relação a condutividade elétrica, é um teste que pode indicar a ocorrência de danos mecânicos ocorridos durante o processo de beneficiamento, já que impactos, trincas e amassamentos contribuem para a degradação das membranas (FESSEL et al. 2003). Muitos trabalhos demonstram uma relação entre essa variável e as sementes coletadas após a passagem na mesa de gravidade, geralmente maior lixiviação de exsudatos nas sementes coletadas nas descargas inferiores dessa mesa (feijão mungo verde, ARAUJO et al., 2011; e feijão caupi, MERTZ et al., 2007).

Segundo Marcos Filho (2015), a liberação de exsudatos celulares para o meio externo estimula a propagação de microrganismos na superfície das sementes, o que pode acarretar em maior incidência de fungos no teste de sanidade e menor porcentagens de normalidade de plântulas. Oliveira et al. (2020) observaram aumento na liberação de exsudatos das sementes ao longo do armazenamento em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*) beneficiadas na mesa de gravidade.

- **Qualidade sanitária das sementes**

A qualidade sanitária de um lote de sementes é determinada pelo grau de ocorrência de microorganismos e insetos causadores de danos à semente. A ocorrência de microorganismos associados às sementes pode causar a redução do poder germinativo e vigor, afetando o estande na lavoura e o rendimento da cultura (TALAMINI et al., 2012).

Em sementes de brócolis (*Brassica oleraceae*), Gadotti et al. (2006) detectaram a presença de nove espécies fúngicas, as quais podem ser agrupadas em fungos de armazenamento (*Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.), patógenos fracos ou potencialmente patogênicos (*Fusarium* spp., *Cephalosporium* spp. e *Alternaria* spp.) e oportunistas (*Bipolaris* spp., *Epicoccum* spp., *Cladosporium* spp. e *Trichoderma* spp.).

Estudos demonstraram que a *Alternaria brassicicola* e *A. alternata* são os fungos mais comuns em sementes de crambe, sendo que eles causam escurecimento das sementes e perda do potencial de germinação. Na planta, ocasionam manchas pretas de formato circular na região do pecíolo e haste das folhas (CARNEIRO et al., 2009; MAJCHRZAK et al., 2002). Embora o gênero *Alternaria* seja o que mais infesta as sementes de crambe, a espécie *Alternaria brassicicola* só foi identificada no Brasil pela primeira vez no maio de 2009, por Macagnan et al. Outros patógenos que são comumente encontrados no crambe são *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., e bactéria *Xanthomonas campestris* (MOERS et al., 2012).

Os fungos de armazenamentos provocam enfraquecimento e morte dos embriões; muitas vezes tornam o teste de germinação em papel inviável se não ocorrer um tratamento prévio. Dentre os vários fungos de armazenamento, destacam-se os do gênero *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. (TALAMINI et al., 2012).

Estudos demonstraram que, embora alguns patógenos ocorram nas sementes, nem todos são transmitidas para a plântula. Em sementes de canola (*Brassica napus*), por exemplo, entre os fungos comumente encontrados nas sementes, *Alternaria alternata*, *A. brassicicola*, *A. japonica*, *Fusarium* spp., *Phoma lingam*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium* spp., *Botrytis* spp. e *Rhizopus* spp., somente *A. alternata*, *A. brassicicola* e *P. lingam* são transmitidos para as plântulas, causando danos na emergência (MIGLIORINI et al., 2017).

Do mesmo modo que o beneficiamento pode diminuir a incidência de fungos nas sementes, a escolha do maquinário pode influenciar a ocorrência de algumas espécies de patógenos. Por exemplo, em *Panicum maximum* cv. Tanzania, o beneficiamento pode diminuir a incidência de *Phoma* sp. e *Helminthosporium* sp. e aumentar a ocorrência de *Cladosporium* sp. e *Cercospora* sp. Além disso, outras espécies podem ser disseminadas pelas máquinas de beneficiamento como *Penicillium* sp. (MELO et al., 2017).

Mertz et al. (2007) observaram que a mesa densimétrica age na estratificação de lotes de feijão caupi, e as sementes contaminadas por fungos de campo, como *Fusarium* spp. e *Phomopsis* sp., são direcionadas para a descarga inferior. Além disso, para essa espécie, o desempenho desse equipamento permite a remoção de frações de sementes com menor densidade e promove alterações positivas na qualidade fisiológica e sanitária dos lotes.

CONCLUSÕES

O beneficiamento melhora a qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante.

Sugere-se a utilização da máquina de ar e peneiras seguida pelo separador espiral. O uso da mesa de gravidade elimina as sementes de menor tamanho e menor qualidade fisiológica. Sementes beneficiadas de crambe tem maior potencial de armazenamento.

AGRADECIMENTO

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, e34950. 2018.
- AOSA. **Seed vigor testing hand book**. Nova York: AOSA, 1983. 93p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS. 2009. 365p.
- CARNEIRO, S. M. T. G.; ROMANO, E.; MARIANOWSKI, T.; OLIVEIRA, J. P.; GARBIN, T. H. S.; ARAÚJO, P. M. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**. v.35. n. 2. p. 154. 2009.
- CARVALHO, M. L. M.; SILVA, C. D.; LUCIANA MAGDA DE OLIVEIRA, L. M. O.; SILVA5, CARLA MASSIMO CALDEIR, C. M. Teste de raios x na avaliação da qualidade de sementes de abóbora. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p.221-227, 2009
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CONRAD, V.A.D.; RADKE, A.K.; VILLELA, F.A. Atributos físicos e fisiológicos em sementes de soja no beneficiamento. **Magistra**, v.29, n.2, p.56-63, 2017.
- DESAI, B.B. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2004. 787 p.
- DRUMOND, A. A. L.; SALES, J. F., ZUCHI, J., CAMELO, G. N., SOUZA, M. M. V. Physiological quality of castor seeds (*Ricinus communis* L.) after processing. **Journal of Seed Science**, v.41, n.2, p.224-232, 2019.
- FERREIRA, R. L.; SÁ, M. E. Contribuição de etapas do beneficiamento na qualidade fisiológica de sementes de dois híbridos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 99-110, 2010.
- FESSEL, S. A.; SADER, R.; PAULA, R. C. P.; GALLI, J. A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p.70-76, 2003.
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; PÁDUA, G.P.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A. **Tecnologia para produção de sementes de soja de alta qualidade – Série Sementes**, 2007. 12p.

- GADOTTI, G. I.; CORRÊA, C. L.; LUCCA FILHO, O. A.; VILLELA, F. A. Qualidade de sementes de couve brócolis beneficiadas em mesa densimétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p. 123-127, 2006.
- GADOTTI, GI; HORNKE, NF; CAVALCANTE, JA; SILVA, JG; GONÇALVES, VP; CAPILHEIRA, AF. 2020. Efficiency of the gravity table in the processing of coriander seeds. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n.2, p.211-216, 2020
- GIOMO, G. S.; RAZERA, L. F.; GALLO, P. B. Beneficiamento e qualidade de sementes de café arábica. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p. 291-297, 2004.
- GOMES JUNIOR, F. G.; CICERO, S. M. X-Ray analysis to assess mechanical damage in sweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1 p. 078 - 085, 2012.
- HANZEN, F. A.; DRANSKI, J. A. L. Morfometria e beneficiamento de sementes de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake var. Parahyba. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.8, n.4, p. 266 – 274, 2020.
- 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.
- 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.
- 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, n. 2, p. 127–134. 2018.
- KOBORI, N. N.; SÍLVIO MOURE CICERO, S. M.; MEDINA, P. F. X-Ray test to evaluate castor bean seed quality. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.1, p. 125-133, 2012.
- LOPES, M. M.; PRADO, M. O. D.; SADER, R.; BARBOSA, R. M. Mechanical and physiological effects on the harvesting and processing of soybean seeds. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 230-238, 2011.
- MACAGNAN, D.; CHAVES, Z. M.; CAFÉ-FILHO, A. C. First report of *Alternaria brassicicola* on *Crambe abyssinica* in Goiás state, Brazil. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 3, p. 260, 2010
- MACEDO, V. G. K.; DÖRR, C. S.; GULARTE, J. A.; MARQUES, F. S.; PANOZZO, L. E. Physical and physiological quality of seeds safflower submitted at processing at gravity table. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 983-991, 2020.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling emergence and vigour. **CropScience**, v.2, n.1, p.176-177, 1963.

- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed., Londrina: ABRATES, 2015. 660p.
- MEDEIROS, A. D.; MARTINS, M. S.; SILVA, L. J.; PEREIRA, M. D.; LEÓN, M. J. Z.; DIAS, D. C. F. S. X-ray imaging and digital processing application in non-destructive assessing of melon seed quality. **Journal of Seed Science**, v.42, e202042005, 2020a.
- MEDEIROS, A. D.; SILVA, L. J.; SILVA, J. M.; DIAS, D., C. F. S.; PEREIRA, M. D. IJCropSeed: An open-access tool for high-throughput analysis of crop seed radiographs. **Computers and Electronics in Agriculture** v. 175 n.1. e105555. 2020b.
- 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.
- MEDEIROS, A.D. DE; PEREIRA, M. D. SAPL ®: a free software for determining the physiological potential in soybean seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.2, p.187-195, 2019.
- MELO, L. F.; MARTINS, C. C.; DA SILVA, G. Z.; BONETI, J. E. B.; VIEIRA, R. D. Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de capim-mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 667-674, 2016.
- MELO, L. F.; SILVA, G. Z.; PANIZZI, R. C.; & CIBELE C. MARTINS, C. C. Processing on the sanitary quality of seeds of *Panicum maximum* cv. ‘Tanzânia’. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.10, p.715-720, 2017.
- MERTZ, L. M; HENNING, F. A.; MAIA, m. S.; MENEGHELLO, G. E.; HENRIQUES, A.; MADAIL, R. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijão-miúdo beneficiadas em mesa gravitacional. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n.3, p. 01-08, 2007.
- MIGLIORINI, P; LAZAROTTO, M.; MÜLLER, J.; ORUOSKI, P.; BOVOLINI, M. P.; BARBIERI, M.; TUNES, L. V. M.; MUNIZ, M. F. B. Qualidade fisiológica, sanitária e transmissão de patógenos em sementes de canola. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n.3, p.67-76, 2017.
- MOERS, E. M.; KUHN, O. J.; GONÇALVES JR., A. C.; FRANZENER, G.; STANGARLIN, J.R. Levantamento de doenças na cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na região oeste do Paraná. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n. 1, p. 35 – 48, 2012.
- MOREANO, T. B.; BRACCINI, A. L; SCAPIM, C. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MARQUES, O. J. Evolução da qualidade física de sementes de soja durante o beneficiamento. **Informativo Abrates**, v.23, n.3, p. 25 – 31. 2013
- NASCIMENTO, W. M. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 341 p.

- NERY, M. C. NERY, F. C.; SILVA, D. R. G.; SOARES, F. P. **Produção de sementes forrageiras**. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo. Boletim Técnico, n.88, p. 1-47, 2012
- NERY, M. C.; 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.
- OLIVEIRA, D.E.C.; RESENDE, O; SMANIOTTO, T.A.S., COSTA, L.M.; SILVA, S.D.R. Physiological quality for cotton seeds storage passed on the gravity table. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-16, 2020.
- OLIVEIRA, M. B.; DAVID, A.M. S. S.; AMARO, H. T. R.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; ASPIAZÚ, I; CARVALHO, A. J. Harvest seasons and physiological quality of crambe seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1785-1792, 2014
- OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe: alternative field crops manual**. St. Paul: University of Wisconsin and University of Minnesota, 2000.
- PESSOA, H.B.S.V., NASCIMENTO, W.M., MELO, P.E., GIORDANO, L.B. Produção de sementes genéticas de repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) cv. União. **Informativo ABRATES**, v.5, p.74-81, 1995.
- PINHEIRO, R. M. & PANOZZO, L. E. Processing of lettuce seeds. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**. v. 5, n. 2, p. 232 – 243. 2018.
- PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. 60 p.
- R CORE TEAM. **R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2018. Disponível em <http://www.R-project.org>
- SANTOS, L. A. S.; ROSSETTO, C. A. V. Vigor tests of *Crambe abyssinica* seeds. **Ciência Rural**, v.43, n.2, p. 233, 2013.
- SILVA, R.F.; SILVA, J.F. Produção de sementes de brássicas. **Informe Agropecuário**, v.9, p.47-49.1983.
- SILVA, P; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; REZENDE, R. C.; SILVA, G. C. Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max.* L.) durante o beneficiamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1219-123, 2011.
- 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

SIMAK, M. Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography. In **Tree and shrub seed handbook**. Zurich: ISTA. 1991. 28 p.

TALAMINI, V.; CARVALHO, H. W. C.; OLIVEIRA, I. R.; **Qualidade sanitária de sementes de soja de diferentes cultivares introduzidos para cultivo em Sergipe** – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012.16 p.

TANABATA, T.; SHIBAYA,T.; HORI,K.; EBANA,K.; YANO,M. SmartGrain: high-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis. **Plant Physiology**, v. 160, n.4, p. 1871–1880. 2012.

VANZOLINI, S.; TORRES, R. M.; PANIZZI, R. C. Efeito do tamanho, da densidade e do tratamento fungicida sobre a qualidade das sementes de amendoim. **Revista Ceres**, v.47, n. 274, p. 603-612, 2000.

VERGARA, R. O.; ARAÚJO, A. S.; NADAL, A. P.; BRUNES, A. P.; CARVALHO, I. R; GADOTTI, G. I. Uso da mesa densimétrica no beneficiamento de sementes de azevém. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 4, p. 82-89. 2019.

ZAGUI, G; NERES, D. C. C. Danos mecânicos e qualidade fisiológica no beneficiamento de sementes de soja, TMG 1180 RR. **Connectionline**, v. 1, n.18, p. 118 – 132, 2018.

ZENATTI, R. H; VIANA, O. H; FORNASARI, C. H. Produtividade de grãos e óleo da cultura do crambe em relação a doses de fertilizantes. **Cultivando o Saber**, v.5, n.4, p. 155-163, 2012