

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO – CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

INFLUÊNCIA DA DESSECAÇÃO E DEBULHA EM
DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO

Autor: Evandro Sidnei Georg
Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva
Coorientador: Dr. Roberto de Rissi
Dr^a Juliana de Fátima Salles

RIO VERDE – GO
MARÇO – 2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO – CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

INFLUÊNCIA DA DESSECAÇÃO E UMIDADE DE COLHEITA
NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO

Autor: Evandro Sidnei Georg
Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

RIO VERDE – GO
MARÇO – 2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

G346i Georg, Evandro sidnei
INFLUÊNCIA DA DESSECAÇÃO E DEBULHA EM DIFERENTES
TEORES DE ÁGUA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE MILHO / Evandro sidnei Georg; orientador
Fernando higinio de lima e Silva; co-orientador
Roberto de Rissi. -- Rio Verde, 2023.
41 p.

Dissertação (Mestrado em PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2023.

1. Zea mays. 2. colheita a granel. 3. Raios X. 4.
vigor de sementes. 5. Diqat. I. Silva, Fernando
higinio de lima e, orient. II. Rissi, Roberto de, co-
orient. III. Título.

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

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

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Evandro Sidnei Georg

Matrícula:

2021102310140067

Título do trabalho:

INFLUÊNCIA DA DESSECAÇÃO E DEBULHA EM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 02 /01 /2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

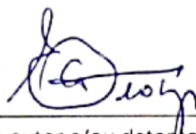
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto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

Rio Verde

Local

12 / 11 / 2023

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente

FERNANDO HIGINO DE LIMA E SILVA

Data: 14/11/2023 14:49:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 38/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

INFLUÊNCIA DA DESSECAÇÃO E DEBULHA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA

Autor: Evandro Sidnei Georg

Orientador: Dr. Fernando Higino de Lima e Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 31 de março de 2023.

Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva (Presidente)

Prof. Dr. Pablo da Costa Gontijo (Avaliador interno)

Prof. Dr. Roberto de Rissi (Avaliador externo)

Prof. Dr. Jardel Pereira (Avaliador externo)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernando Higino de Lima e Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/04/2023 08:36:10.
- **Pablo da Costa Gontijo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/04/2023 08:59:20.
- **Roberto de Rissi, Roberto de Rissi - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 13/04/2023 11:46:50.
- **Jardel Lopes Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/04/2023 17:25:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 476797
Código de Autenticação: 3c47cd679b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, inicialmente, pela minha Vida e a Saúde necessária para poder chegar até aqui, ainda com vontade e disposição para contribuir.

Agradeço de todo coração a meus pais que me deram a vida, sendo exemplos de dignidade e honestidade, me ensinando os valores morais de uma pessoa honrada. Agradeço a minha família, filhos e principalmente minha amada esposa (Rosi) que me deram força, estímulo e coragem para seguir em frente em todos os momentos difíceis que enfrentamos.

Agradeço ao meu primeiro orientador na graduação (homenagem póstuma), Prof. Fernando Irajá Felix de Carvalho por tudo, desde a oportunidade de trabalhar com melhoramento genético como também pelos ensinamentos muito além do estritamente formal, que transformariam um moleque em um profissional digno. Agradeço ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, por terem me dado a oportunidade de realizar um sonho de a muito acalentado de realizar este mestrado, bem como a todos os professores que dedicadamente nos transferiram um pouco de seu vasto conhecimento. O aprendizado adquirido será utilizado para a melhoria da produção de sementes e de alimentos.

Agradeço fortemente a dedicação, amizade e companheirismo de meu orientador Dr. Fernando Higino de Lima e Silva, pelas orientações e estímulos necessários para a conclusão desta dissertação, sem as quais eu não teria conseguido.

Agradeço a colega Dra. Priscila Ferreira pela imensa ajuda na confecção do arquivo final. Agradeço de forma muito especial à Nortox S/A, pela gentil sessão da área experimental em Itumbiara, onde pudemos conduzir o experimento de campo. Em especial, aos amigos Roberto de Rissi, que também é meu coorientador, e Volmir Cella, que me ajudaram em todos os sentidos para que pudessemos realizar os trabalhos a campo. Gostaria também de agradecer a Dra. Prof. Juliana Salles pela concessão do laboratório para a realização dos vários testes realizados, bem como ao nosso caro amigo Dr. Arthur Almeida pelo suporte e realização dos testes com Raios X.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Evandro Sidnei Georg, nascido em Porto Alegre, RS em 03 de Junho de 1963, porém criado durante toda infância, adolescência e juventude em Canoas, uma cidade próxima de Porto Alegre. Filho de um Pai mecânico, com ensino primário e de uma doméstica, com ensino médio completo, sempre desejei estudar Agronomia com o ideal e o sonho de alguma forma contribuir com a produção vegetal e a alimentação das pessoas globalmente.

Cursei Agronomia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) de 1982 a 1986, tendo sido bolsista de Iniciação Científica na área de Melhoramento de Plantas em Trigo e Aveia de 1983 até final de 1986, tendo sido orientado pelo Prof. Fernando Irajá Félix de Carvalho, o qual contribuiu imensamente para a criação de um profissional com perfil investigativo e crítico. O estágio curricular obrigatório foi realizado nas dependências da Pioneer Hi Bred em Santa Cruz do Sul no segundo semestre de 1986, onde posteriormente, vim a ser contratado e permaneci trabalhando em várias áreas até Março de 2019. Foram 33 anos de dedicação imensa nas áreas correlacionadas com a Produção de sementes de milho, soja e sorgo, principalmente nas categorias comerciais, genéticas e básicas.

Casado com Rosemeri Maria Georg em 1991, tendo 3 filhos como frutos deste feliz relacionamento. Entre 2019 e 2021, trabalhamos como Diretor de Produção da Sempre Sementes, uma empresa de capital nacional com foco na produção de sementes de todas as categorias de milho.

Podemos mencionar como algumas das principais contribuições profissionais, dentre muitas outras: - Auxiliar o MAPA a ser membro da OECD para certificação de sementes para o comércio internacional (entre 1999 e 2000); - Utilização da Macho Esterilidade em linhagens e fêmeas Híbridos Simples; - Mudança da Produção de sementes Básicas da Pioneer do Sul do Brasil para o Cerrado brasileiro no ano de 2000 (Itumbiara); - Produção de sementes básicas de milho para exportação para vários países, em vários continentes, 100% certificadas.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS	4
BIOGRAFIA DO AUTOR.....	5
ÍNDICE DE TABELAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO.....	12
1.1. A cultura do milho no mundo.....	12
1.2. A cultura do milho no Brasil.....	13
1.2.1. Produção de sementes de milho	14
1.2.2. Uso de dessecantes na produção de sementes.....	16
1.3. Uso de Raios X na análise de sementes.....	17
OBJETIVOS.....	22
Capítulo I.....	23
2. Introdução.....	23
3. Material e Métodos.....	24
3.1. Material vegetal, delineamento estatístico e condições experimentais	24
3.2. Atributos da qualidade física e determinação da Peneira 15/64.....	26
3.3. Atributos da qualidade fisiológica	27
3.4. Teste de Raios X.....	27
3.5. Análise estatística.....	28
4. Resultados	28
5. Discussão.....	35
6. Conclusões.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

	Páginas
Tabela 01. Datas de plantio, dessecação e umidade dos grãos das sementes nos dois híbridos avaliados - LAND 28 e P3456.....	28
Tabela 02. Análise de variância referente ao esquema fatorial dois x dois x quatro: dois híbridos (fêmea P3456 e fêmea LAND 28) x dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) x quatro níveis de umidades de colheita (espiga – testemunha, 20%, 16% e 13% de umidade). ** $P < 0,01$, * $P < 0,05$ e ns - não significativo. Híd. (híbridos), Des (dessecante) e Um (umidade).....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 01. Massa de 1000 sementes de dois híbridos (fêmea LAND 28 e fêmea P3456), dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) e quatro níveis de umidades de colheita (espiga, 13%, 16% e 20% e de umidade). Dados apresentados a partir do esquema fatorial triplo de acordo com a significância da ANOVA. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam níveis de umidades de colheita entre os diferentes híbridos. Letras minúsculas comparam os níveis de umidades de colheita dentro do mesmo híbrido. * expressa valores significativamente maiores entre os métodos de dessecação.....	30
Figura 02. Plantas normais germinadas de milho diante de dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) e quatro níveis de umidades de colheita (espiga, 13%, 16% e 20% de umidade). Dados apresentados a partir do esquema fatorial duplo de acordo com o significância da ANOVA. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam níveis de umidades de colheita entre os diferentes métodos de dessecação. Letras minúsculas comparam os níveis de umidades de colheita dentro do mesmo métodos de dessecação.....	31
Figura 03. Perímetro de semente (A), área da semente (B), preenchimento da semente (C) e peso em peneira 15/64 (D) de dois híbridos (fêmea LAND 28 e fêmea P3456) e dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada). Dados apresentados a partir do esquema fatorial duplo de acordo com o significância da ANOVA. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbridos dentro dos mesmos métodos de dessecação. Letras minúsculas comparam os híbridos entre os diferentes métodos de dessecação.....	32
Figura 04. Circularidade da semente (A e B) e plantas germinadas anormais (C e D) de dois híbridos (fêmea LAND 28 e fêmea P3456) e quatro níveis de umidades de colheita (espiga, 13%, 16% e 20% de umidade). Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbrido (A e C) e letras minúsculas comparam os níveis de umidades de colheita (B e D)...	33
Figura 05. Sementes normais no teste de vigor (A e B) e sementes anormais no teste de vigor (C e D) de dois híbridos (fêmea LAND 28 e fêmea P3456) e dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada). Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbrido (A e C) e letras minúsculas comparam os métodos de dessecação (B e D).....	34
Figura 06. Densidade relativa da semente (A) e peso de sementes danificadas (B) de dois híbridos (fêmea LAND 28 e fêmea P3456) de milho. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbridos de milho.....	34

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

RNC	Registro Nacional de Cultivares
VPA's	Cultivos de populações abertas
HT's	Híbridos triplos
SX's	Híbridos Simples
ISTA	International Seed Testing Association
TSM	Massa de mil sementes
CT	Teste de frio

RESUMO

Georg, Evandro Sidnei Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, março de 2023. **Influência da dessecação e debulha em diferentes teores de água na qualidade fisiológica de sementes de milho.** Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva.

O milho é a segunda cultura mais abundante produzida no mundo e, por muitas décadas, na produção de sementes foi praticada a colheita a granel. O uso de sementes de alta qualidade genética e fisiológica torna-se fundamental para alcançar elevados tetos produtivos. Diante disso, o objetivo do estudo foi compreender como o processo de colheita a granel, com ou sem uso de dessecantes, poderia afetar a qualidade fisiológica de sementes de milho híbrido. O experimento foi conduzido na estação experimental da Nortox/AS, no município de Itumbiara, Goiás, no verão da safra 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial dois x dois x quatro, isto é, dois híbridos (fêmea P3456 e fêmea LAND 28) x dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) x quatro níveis de umidades de colheita (Testemunha – testemunha, 20%, 16% e 13% de umidade), com quatro repetições. Foram avaliados os atributos da qualidade física de sementes, determinação da Peneira 15/64, atributos da qualidade fisiológica e teste de Raios X. O uso do dessecante Diquat (dose de 2,0 L ha⁻¹) na produção de sementes híbridas demonstrou que a aplicação pode antecipar a colheita em até 6 dias. O teor de água nas sementes entre 16% e 18%, é a mais indicada para colheitas a granel. Em contrapartida, o teor de água em 20% alterou significativamente a germinação de sementes. Observou-se influência dos genótipos, quando em dessecação, nas variáveis tamanho e o preenchimento das sementes. Além disso, através da análise de Raios X observamos que a dessecação afeta o perímetro e a área das sementes. Subsidiar estudos posteriores/futuros relacionados à longevidade de sementes e possível redução de custos, é de fundamental importância.

Palavras chave: *Zea mays*, colheita a granel, Raios x, vigor de sementes, Diquat.

ABSTRACT

Georg, Evandro Sidnei Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, março de 2023.
Influence of desiccation and threshing at different water contents on the physiological quality of corn seeds. Advisor: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva.

Corn is the second most abundant crop produced in the world and, for many decades, bulk harvesting was practiced in seed production. The use of seeds of high genetic and physiological quality becomes fundamental to reach high productive ceilings. Therefore, the objective of the study was to understand how the bulk harvesting process, with or without the use of desiccants, could affect the physiological quality of hybrid corn seeds. The experiment was conducted at the Nortox/AS experimental station, in the municipality of Itumbiara, Goiás, in the summer of the 2021/2022 harvest. The experimental design used was randomized blocks, in a two x two x four factorial scheme, that is, two hybrids (female P3456 and female LAND 28) x two methods of desiccation (desiccated and non-desiccated) x four levels of water content. harvest (Control – control, 20%, 16% and 13% humidity), with four replications. Attributes of physical quality of seeds, determination of the 15/64 Sieve, attributes of physiological quality and X-ray test were evaluated. The use of the desiccant Diquat (dose of 2.0 L ha⁻¹) in the production of hybrid seeds demonstrated the application can anticipate the harvest by up to 6 days. The water content in the seeds between 16% and 18% is the most suitable for bulk harvesting. In contrast, the water content of 20% significantly altered seed germination. The influence of the genotypes, when in desiccation, on the variables size and filling of the seeds was observed. In addition, through X-ray analysis, we observed that desiccation affects the perimeter and area of the seeds. Subsidizing further/future studies related to seed longevity and possible cost reduction is of fundamental importance.

Keywords: *Zea mays*, bulk harvest, X-rays, seed vigor, Diquat.

INTRODUÇÃO

1.1. A cultura do milho no mundo

O milho (*Zea mays* L.) é a segunda cultura mais abundante produzida anualmente no mundo (Aghaei et al., 2022). Pertence à família Poaceae e é uma cultura originária da América, onde as raças terrestres de milho, domesticadas a partir do teosinto, surgiu por meio de um único evento de domesticação que provavelmente ocorreu há cerca de 9.000 anos no México (Johnson, 2002). Globalmente, o milho tem importância estratégica como fornecedor de energia e proteína para alimentos e rações (Erenstein et al., 2022). As inovações tecnológicas, combinadas com a expansão na área cultivada, permitiram que os agricultores realizassem a produção global de grãos de milho de um bilhão de toneladas por ano em 2013 e mantivessem uma taxa de crescimento consistente e positiva no rendimento (Byerlee e Edmeades, 2021). Segundo o relatório *World Agricultural Supply and Demand Estimates* (USDA /2022), a produção mundial de grãos de milho na safra 20/21 foi de 1.129 bilhões de toneladas, ao passo que a produção para a atual safra em andamento 21/22 estaria estimada em 1.216 bilhões de toneladas de milho em termos globais. Ainda, conforme este relatório, a projeção de produção de milho está estimada em 1.185 bilhões de toneladas, com tendências de elevação na área plantada. A Conab prevê uma produção total de 125,8 milhões de toneladas na safra 2022/23, com aumento esperado de 11,2% comparado à safra anterior (CONAB 2022).

Os EUA (361 milhes por ano) e a China (259 milhes toneladas por ano) dominam a produção de milho – juntos produzindo mais da metade da produção global de milho (54,5%). Oito países – EUA, China, Brasil, Argentina, Ucrânia, Indonésia, Índia e México

produzem mais de 25 megatoneladas por ano cada e, juntos, respondem por 881 megatoneladas por ano ou três quartos da produção global de milho (77,4%) (Erenstein et al., 2022). Segundo Contini et al. (2019) a Ucrânia por ter sua produção aumentada em mais de 500% nas últimas duas décadas, além de estar logisticamente melhor posicionada, geograficamente próxima de mercados consumidores importantes como União Europeia e países asiáticos.

O milho desempenha um papel importante no comércio global de *commodities* agrícolas e a União Europeia é um dos maiores importadores de milho (Berger et al., 2021). O milho pode ser utilizado de muitas formas diferentes, mas, nos dias de hoje, é principalmente usado como alimentação animal (rações e silagem de grãos e planta inteira), energia (etanol e queima de palha em sistemas de cogeração) e alimentação humana (Zhang et al., 2021). Como importante alimento básico, a qualidade nutricional do grão de milho pode influenciar diretamente a saúde humana (Yu et al., 2022), sendo que mais de 20% da população mundial subsiste de grãos de milho como alimento básico em sua dieta diária (Ranum et al., 2014). Assim, o milho tem sido considerado um 'líder' no desenvolvimento agrícola e na nutrição humana (Yu et al., 2022). O milho contém aproximadamente 72% de amido, 10% de proteína e 4% de gordura, fornecendo uma densidade energética de 365 Kcal/100 g e é cultivado em todo o mundo (Ranum et al., 2014).

1.2. A cultura do milho no Brasil

O brasileiro é um dos principais setores da economia nacional e de fundamental importância para a balança comercial (Souza et al., 2017). A produção de milho se concentra fortemente em dois períodos diferentes, a saber: a safra chamada de verão, ou primeira safra, é semeada nos períodos de Agosto a Dezembro e a segunda safra, comumente chamada de safrinha, se semeia entre Janeiro a Março. Conforme publicado pela CONAB (2022), em seu 9º levantamento de produção, 22% da área total foi realizada no período de verão e a segunda safra, representou 78% do volume produzido e a produtividade média geral estimada (verão + safrinha) está muito próxima de 5.300,0 kg /ha.

A região Centro-Oeste se destaca no cenário nacional com os maiores volumes de produção deste cereal na segunda safra. Segundo Reis et. al. (2016) o fato do milho ser plantado logo após a colheita da soja faz com que o milho aproveite os benefícios desta sucessão, principalmente pela tendência de deixar nitrogênio fixado biologicamente pela

leguminosa, bem como se beneficiar um controle de ervas daninhas de folhas estreitas, além de aproveitar melhor o maquinário e a mão-de-obra da propriedade o ano todo.

Em relação aos tipos de híbridos cultivados no Brasil, ainda temos algumas áreas com cultivos de populações abertas (VPA's) que são cultivadas de forma doméstica por pequenos produtores e populações indígenas, com baixíssimas produtividades. As grandes áreas são semeadas com híbridos triplos (HT's) e simples (SX's), onde as empresas produtoras de sementes buscam explorar ao máximo o vigor híbrido característico desta cultura. Existe também algum volume de produção originado dos híbridos duplos, que foram os primeiros tipos de híbridos cultivados no Brasil (década de 1970).

O mercado brasileiro adotou rapidamente a tecnologia de híbridos organismos geneticamente modificados com predominância dos genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*, seguido dos tolerantes a herbicidas, onde há pequenas diferenças quanto à adoção de OGM's conforme a safra (Pereira Filho e Borghi, 2020). Existe uma clara tendência de utilizar-se híbridos de ciclo precoce no Brasil, muito em função de ser semeado em maior área na Safrinha, quando o clima se caracteriza por poucas chuvas a partir de Abril, bem como também pelo risco de temperaturas baixas a partir de Maio/Junho. A segunda safra tem se tornado muito importante na agricultura nacional devido ao aumento das áreas plantadas e um dos motivos é o uso de lavouras de soja cada vez mais precoces (Silva et al., 2020).

1.2.1. Produção de sementes de milho

É incontestável a importância da cultura do milho para a agricultura brasileira na atualidade. Conforme publicado por Pereira Filho e Borghi (2020), o milho é responsável por 41,5% de toda produção de grãos no Brasil e estima-se que a próxima safra de milho, ano agrícola de 22/23, poderá atingir uma área próxima de 26 milhões de hectares de milho comercial, conforme estimativa de consultorias independentes no mercado de grãos.

Por muitas décadas, na produção de sementes de milho, foi praticada a colheita a granel, nesse tipo de manejo o material fica no campo até atingir 18% de teor de água e depois é colhido com colhedeira com eixo batador ou com colhedeiras de eixo axial (Oliveira et al., 1998). A semente é do tipo cariopse, característico das gramíneas, o sistema radicular é do tipo fasciculado, podendo atingir mais de um metro de profundidade (Duarte, 2018). No mercado brasileiro de sementes de milho híbrido temos uma ampla disponibilidade de empresas que produzem sementes híbridas, tais como: Corteva Agrisciences, Bayer, Syngenta, Long Ping, KWS e Limagrain para citar as de maior participação de mercado. Até

outubro de 2020, havia 5.489 diferentes cultivares de milho registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), sendo que deste total aproximadamente 47% (2.565) eram de origem transgênicas (Sá, 2021).

Dentre as várias técnicas utilizadas na produção de milho semente destacam-se as operações de plantio de fêmea e macho em linhas separadas em diferentes proporções (4:2, 6:2, etc..) o despendoamento das linhas de fêmea de forma mecânica ou manual, ou ainda uso de macho-esterilidade. A colheita e a secagem em espiga, o que diferencia bastante a produção de sementes híbridas de milho de outras culturas, e o custo destas operações, geralmente terceirizadas, é bastante elevado. É conhecido que a colheita mecânica em espigas está em torno de R\$ 900,00 por hectare de lavoura e o transporte em espigas, em distâncias de 100-150 quilômetros das unidades de beneficiamento, está aproximadamente R\$ 40,00 por tonelada de milho em espigas. No entanto, a colheita a granel de sementes pode ser contratada por R\$ 500,00 por hectare no Estado de Goiás, grande produtor de sementes de milho híbrido, independentemente do rendimento da lavoura. Há também que se considerar que, na colheita a granel, com umidades que variam de 20 a 13% de umidade de água nos grãos, não se transportaria muita água nem palha e sabugo, presentes na colheita em espigas com mais de 30% de umidade.

É importante ressaltar que o agricultor deve integrar a colheita ao sistema de produção, onde o planejamento desde a implantação da cultura até o transporte, passando pelas fases de secagem e armazenamento dos grãos (Fonseca et al., 2021). Normalmente, a colheita das sementes de milho pode ser feita com teores de água entre 27% e 35% (Ahrens et al., 1998), sendo necessário, portanto, fazer a secagem deste produto até o teor de água na semente adequado para um armazenamento seguro que não comprometa a qualidade e o vigor fisiológico das sementes, pois sabe-se que o processo de secagem é frequentemente usado para preservar a qualidade de grãos e de produtos alimentares (Oliveira e Martins, 2020).

A secagem de milho em espigas é realizada de forma estática variando bastante o tipo de secador, podendo em geral ser de duplo passe, ou passe simples, com controles de temperatura e umidade sendo realizada por softwares específicos, muitas vezes desenvolvidos pelas próprias empresas produtoras de sementes. Além disto, a secagem de sementes com mais de 30% de umidade de água não pode ser realizada de forma rápida, podendo causar danos, desta forma, uma taxa de secagem de 5 a 6 horas por porcentual de água é adotado como regra geral. Após a secagem, as espigas seguem para a debulha ao atingirem umidades entre 12 a 13% de umidade de água na semente, prosseguindo para a

classificação por peneiras, tratamento, ensaque, análise de qualidade fisiológica (germinação e vigor) e armazenamento até a venda e expedição.

O método de colheita em espigas tem como vantagem a possibilidade de se colher o material próximo da maturidade fisiológica, com menor índice de danos (Jorge et al., 2005). Assim sendo, removendo as sementes do campo próximo à sua maturação fisiológica (30-33% de teor de água na semente) bem como obter melhor qualidade genética, uma vez que as espigas podem ser selecionadas após a despalha e antes da secagem, removendo-se espigas atípicas ou de má qualidade (mofadas, pré-germinadas) conforme mencionado por Bewley e Black (1994). A secagem de sementes a granel não tem sido largamente utilizada pelo fato de termos de esperar o teor de água na semente diminuir a valores que tomariam vários dias a mais no campo, expondo as sementes às variações de clima, pragas e doenças, além do fato de impossibilitar uma seleção antes da debulha.

1.2.2. Uso de dessecantes na produção de sementes

Uma técnica para antecipar a colheita, evitando a manutenção das sementes por períodos muito longos no campo, seria a dessecação das plantas com uso de herbicidas apropriados. Höfs et al. (2016) concluíram que a colheita manual em espigas e a colheita a granel produziram sementes do híbrido de milho SCS156 Colorado com germinação elevada e sem diferença significativa entre os métodos, apesar de que o menor percentual de germinação foi obtido no método de debulha no campo a 18% de teor de água nos grãos, porém, que a colheita mecânica gerou danos mecânicos em índices mais elevados.

Conforme Hofstra et al. (2001) os dessecantes, desfoliadores e reguladores de crescimento são químicos usados na agricultura para acelerar a preparação das culturas para a colheita mecânica. Por exemplo, Diquat (1,1'-ethylene-2,2'-bipyridyl) e Paraquat (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridylium dichloride) são herbicidas não seletivos de contato que provocam a dessecação e desfolha. Ainda, em termos de qualidade fisiológica, Daltro et al. (2010) observaram que a dessecação proporcionou antecipação de colheita e melhor qualidade fisiológica em sementes de soja. Em relação ao herbicida Paraquat, sua comercialização e usos foram proibidos em resolução tomada pela Anvisa, decidida em 03/02/21 e levada a efeito em setembro de 2021. Esta decisão reduz fortemente as opções de produtos para dessecação dos quais se tenha um mínimo conhecimento em relação aos efeitos quanto à qualidade na produção de sementes. Em estudo de Dean et al. (2021) observou-se que a desfolha acelera a colheita de sementes de milho de 2 a 5 dias e auxilia

no melhor planejamento da colheita, porém se não feita corretamente como a dosagem a umidade de aplicação entre outras, pode prejudicar a germinação e o vigor. Conforme Magalhães et al. (2004) o uso de Paraquat e Diquat em produção de sementes de milho na dose de 400 g/ha de princípio ativo não prejudicou a qualidade fisiológica das sementes em termos de germinação, velocidade de emergência e peso de 1000 grãos, quando aplicado em área total aos 14 dias antes da maturidade fisiológica.

O uso de dessecantes é uma opção para retirada das sementes do campo de forma mais rápida para evitar problemas de ataques de doenças e pragas, bem como uniformizar a maturação (Marcos-Filho 2015). Além disso, esse autor cita que a prática da dessecação para produção de sementes tem sido usado principalmente nas culturas da soja, feijão e algodão. He et al. (2015), em arroz para produção de sementes, testaram diferentes doses de Paraquat e Diquat associados ou não a Ethephon, onde concluíram que a dose de 120 g de ingrediente ativo do herbicida a base de Diquat, sozinho, obteve o melhor resultado, não interferindo na germinação nem no peso de mil sementes. Porém, aos 2-3 dias após a aplicação, o teor de água nas sementes tinha reduzido em uma amplitude de 3,0 a 6,4% comparado com a testemunha, permitindo acelerar a colheita.

1.3. Uso de Raios X na análise de sementes

Todos os testes de análise de sementes, exceto o teste de Raios X, levam vários dias ou semanas para serem concluídos, ou seja, antes que a viabilidade das sementes seja conhecida (Al-Hammad e Al-Ammari, 2017). Os testes utilizados atualmente para avaliação de danos mecânicos, danos causados por insetos e danos pela deterioração de tecidos em sementes são destrutivos em sua totalidade, e a possibilidade de utilização da técnica de análise de imagens, para a determinação de danos mecânicos em sementes, é promissora (Cicero e Banzatto, 2003; Ahmed et al., 2020).

Uma outra fator nos testes de avaliação de sementes em geral são os fatores tempo e custos. Em milho, segundo Brasil (2009), a reconhecimento do teste de germinação necessita de pelo menos 5 dias para uma primeira leitura, sendo que a leitura correta e final é tomada aos 7 dias após montagem do teste, já o teste de vigor a frio necessita 4 dias a mais, ou seja, um total de 11 dias para sua correta leitura. A utilização da radiografia por meio de Raios X de baixa energia para avaliação da qualidade física das sementes é indicado pela ISTA (*International Seed Testing Association*) desde 2004 e é um método de precisão (Cicero e Banzatto, 2003).

O pioneirismo da utilização da análise de Raios X para a avaliação da morfologia interna de sementes é atribuído a Simak e Gustafsson (1953), com a identificação de anormalidades no embrião de sementes de *Pinus sylvestris* L, permitindo que as mesmas sejam semeadas para comparação com o teste de germinação, possibilitando o estudo da germinação em relação à imagem radiográfica. Conforme mencionado por Vieira Campos et al. (2022), dentre outras tecnologias óticas, análises de imagens automatizadas de Raios X constituem uma ferramenta muito interessante neste sentido devido à sua alta precisão, permitindo a detecção de sementes danificadas ou malformadas, sem no entanto, necessitar destruir as sementes. A captura e processamento da imagem radiografada tem permitido o estabelecimento de relações entre integridade, morfologia e determinação do potencial fisiológico das sementes (Marcos-Filho et al., 2010). No presente estudo, buscamos identificar possíveis relações entre o efeito da dessecação de sementes, bem como da colheita e debulha em diferentes teores de água, tentando traçar um paralelo com os resultados da sua qualidade fisiológica, sendo esta verificada através dos testes de germinação e vigor a frio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghaei, S., Alavijeh, M. K., Shafiei, M., & Karimi, K. (2022). Uma revisão abrangente sobre a produção de bioetanol a partir da palha do milho: potencial mundial, importância ambiental e perspectivas. *Biomass and Bioenergy*, 161, 106447.
- Ahmed, M. R., Yasmin, J., Wakholi, C., Mukasa, P., & Cho, B. K. (2020). Classification of pepper seed quality based on internal structure using X-ray CT imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105839.
- Ahrens, D. C., Barro, S., A. S. R., Villela, F. A., & Lima, D. D. (1998). Qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob condições de secagem intermitente. *Scientia Agricola*, 55, 320-341.
- Al-Hammad, B. A., & Al-Ammari, B. S. (2017). Seed viability of five wild Saudi Arabian species by germination and X-ray tests. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(6), 1424-1429.
- Berger, J., Dalheimer, B., & Brümmer, B. (2021). Effects of variable EU import levies on corn price volatility. *Food Policy*, 102, 102063.
- Bewley, J. D.; Black, M. (1994). Seeds physiology of development and germination. 2.ed. *New York: Plenum Press*, 445p.

- Byerlee, D., & Edmeades, G. O. (2021). Fifty years of maize research in the CGIAR: diversity, change, and ultimate success.
- Cicero, S. M., & Banzatto Junior, H. L. (2003). Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, 25, 29-36.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2022). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, n. 9 nono levantamento, junho 2022.
- Daltro, E. M. F., Albuquerque, M. C. D. F., França Neto, J. D. B., Guimarães, S. C., Gazziero, D. L. P., & Henning, A. A. (2010). Pre-harvest desiccation: effects on the physiological quality of soybean seed. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 111-122.
- Dean, A. N., Wigg, K., Zambiazzi, E. V., Christian, E. J., Goggi, S. A., Schwarte, A., ... & Cabrera, E. (2021). Migration of Oil Bodies in Embryo Cells during Acquisition of Desiccation Tolerance in Chemically Defoliated Corn (*Zea mays* L.) *Seed Production Fields. Agriculture*, 11(2), 129.
- Dowd, P. F., & Johnson, E. T. (2018). Overexpression of a maize (*Zea mays*) defensin-like gene in maize callus enhances resistance to both insects and fungi. *Agri Gene*, 9, 16-23.
- Duarte, Y. C. N. (2018). Modelos de simulação da cultura do milho: uso na determinação das quebras de produtividade (Yield Gaps) e na previsão de safra da cultura no Brasil. Piracicaba: USP/ESALQ. *Dissertação de Mestrado*.197p.
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 1-25.
- Fonseca M. J. O. Mantovani E. C. Santos, J. P. (2021). Colheita e Pós-colheita Milho. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita> Acessado: 13/12/2022.
- He, Y. Q., Cheng, J. P., Liu, L. F., Li, X. D., Yang, B., Zhang, H. S., & Wang, Z. F. (2015). Effects of pre-harvest chemical application on rice desiccation and seed quality. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*, 16(10), 813-823.
- Höfs, A., Postal, M., & Nesi, C. N. (2016). A qualidade das sementes de milho em diferentes formas de colheita e beneficiamento. *In Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves*, RS, Brasil (Vol. 31).

- Hofstra, D. E., Clayton, J. S., & Getsinger, K. D. (2001). Evaluation of selected herbicides for the control of exotic submerged weeds in New Zealand: II. The effects of turbidity on diquat and endothall efficacy. *Journal of Aquatic Plant Management*, 39, 25-27.
- Johnson, N. A. (2002). One origin for maize. *TRENDS in Genetics*, 18(7), 344.
- Jorge, M. H. A., Carvalho, M. L. M. D., Von Pinho, E. V. D. R., & Oliveira, J. A. D. (2005). Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho colhidas e secas em espigas. *Bragantia*, 64, 679-686.
- Lacerda, A. L. D. S., Lazarini, E., Sá, M. E. D., & Valério Filho, W. V. (2003). Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. *Revista Brasileira de Sementes*, 25, 97-105.
- Magalhães, P. C., Padilha, L., Cruz, M., Duraes, F., Guedes, K., & Karam, D. (2004). Eficiência dos dessecantes Paraquat e Diquat na qualidade fisiológica de sementes de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 1., 2004, Cuiabá, MT. Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade: [resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS: *Embrapa Milho e Sorgo; Cuiabá: Empaer*, 2004.
- Marcos Filho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Abrates.
- Marcos Filho, J., Gomes Junior, F. G., Bennett, M. A., Wells, A. A., & Stieve, S. (2010). Using tomato analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 146-153.
- Oliveira, J. A., Carvalho, M., Vieira, M., & Silva, E. (1998). Utilização de corantes na verificação de incidência de danos mecânicos em sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, 20(2), 125-128.
- Oliveira, W. L., & Martins, J. H. (2020). Simulação de secagem de milho em camada estacionária por meio de modelagem computacional. *Brazilian Journal of Development*, 6(8).
- Ononogbo, C., Nwifo, O. C., Nwakuba, N. R., Okoronkwo, C. A., Igbokwe, J. O., Nwadinobi, P. C., & Anyanwu, E. E. (2021). Energy parameters of corn drying in a hot air dryer powered by exhaust gas waste heat: an optimization case study of the food-energy nexus. *Energy Nexus*, 4, 100029.
- Pereira Filho, I. A., & Borghi, E. (2020). Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos.

- Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York academy of sciences*, 1312(1), 105-112.
- Reis, J. G. M. D., Vendrametto, O., Naas, I. D. A., Costabile, L. T., & Machado, S. T. (2016). Avaliação das estratégias de comercialização do milho em MS Aplicando o Analytic Hierarchy Process (AHP). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 54, 131-146.
- Sá, M. M. D. (2021). Sistema brasileiro de sementes: uma análise da oferta e do empreendedorismo da indústria de sementes de algodão, aveia, milho e soja a partir de bases de dados abertos governamentais.
- Silva, T. S., da Fonseca, L. F., Yamada, J. K., & de Carvalho Pontes, N. (2021). Flutriafol and azoxystrobin: An efficient combination to control fungal leaf diseases in corn crops. *Crop Protection*, 140, 105394.
- Simak, M., & Gustafsson, Å. (1953). X-ray photography and sensitivity in forest tree species. *Hereditas*, 39(3-4), 458-468.
- Souza, A. E. D., Reis, J. G. M. D., Abraham, E. R., & Machado, S. T. (2017, September). Brazilian corn exports: an analysis of cargo flow in Santos and Paranagua port. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 105-112). Springer, Cham.
- United States Department of Agriculture (USDA) 2022- World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE). Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde>, Acessado: junho de 2022.
- Vieira Campos, L., Almeida Rodrigues, A., de Fátima Sales, J., Almeida Rodrigues, D., Carvalho Vasconcelos Filho, S., Lino Rodrigues, C., ... & Rubio Neto, A. (2022). Radiographic Imaging as a Quality Index Proxy for *Brachiaria brizantha* Seeds. *Plants*, 11(8), 1014.
- Yu, B. G., Chen, X. X., Zhou, C. X., Ding, T. B., Wang, Z. H., & Zou, C. Q. (2022). Nutritional composition of maize grain associated with phosphorus and zinc fertilization. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114, 104775.
- Zhang, R., Ma, S., Li, L., Zhang, M., Tian, S., Wang, D., & Wang, X. (2021). Comprehensive utilization of cornstarch processing by-products: A review. *Grain & Oil Science and Technology*, 4(3), 89-107.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do estudo é avaliar o processo de colheita a granel em diferentes umidades com ou sem uso de dessecantes sobre a qualidade fisiológica e custos comparado à colheita em espigas de sementes de milho alguns híbrido.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar os efeitos na qualidade fisiológica de sementes de milho colhidas a granel em diferentes teores, quando comparados a colheita da testemunha em espigas;
- Verificar se a dessecação do milho em pré-colheita afeta a qualidade fisiológica e atributos físicos das sementes;
- Analisar as características das sementes pode ser afetada de forma isolada ou conjunta durante um tempo;
- Verificar a eficiência da ferramenta de Raios X para análise de qualidade de sementes de milho;
- Verificar se o tipo de endosperma tem algum efeito quanto à qualidade fisiológica de sementes de milho quando colhidos e secos a granel em teores de água da semente mais elevados do que o usual, ou seja, 12,5%.

Capítulo I

2. Introdução

A cultura do milho (*Zea mays*, L.) vem se destacando nas últimas décadas, alcançando o patamar de cereal mais plantado no mundo e superando culturas extensivamente cultivadas como o arroz e o trigo (Contini et al., 2019). O milho é um importante alimento básico que tem impactos culturais, econômicos e ambientais, além de ser uma cultura fundamental para a nutrição humana, aliado a alta demanda para produção de ração animal e etanol para biocombustíveis (Tanumihardjo et al., 2020). Nas últimas duas décadas, a produção de milho aumentou 145,7%, impulsionado principalmente pelo aumento da área plantada (Liu et al., 2022). No entanto, o potencial para novos incrementos da área de plantio é limitado, sendo assim aumentar o rendimento do milho por unidade de área é uma estratégia importante (Van et al., 2013). Como uma cultura alimentar de alto rendimento, a produção de sementes de qualidade de milho é de fundamental importância (Abass et al., 2014).

As sementes são os materiais agrícolas mais fundamentais e formam a base do desenvolvimento agrícola (Wang et al., 2021), sendo assim, o uso de sementes de alta qualidade genética e fisiológica torna-se fundamental para alcançar elevados tetos produtivos. Uma das várias estratégias empregadas na produção de sementes de milho híbrido de alta qualidade, que muito a diferencia de outras culturas, tem sido a colheita e secagem de sementes em espigas (Neves et al., 2005). Sabe-se que as perdas pós-colheita devido à deterioração durante o armazenamento de grãos continuam sendo um grande problema em todo o mundo (Huang et al., 2013). O armazenamento de grãos demanda elevado consumo energético, altos custos de colheita e transporte, bem como estrutura complexa para sua execução, e esses custos elevados de produção são repassados ao produtor rural. Desta forma, é importante que se busque alternativas que possam reduzir os custos de produção, sem que, obviamente, comprometa a qualidade fisiológica das sementes a qual atinge seu máximo valor na maturidade fisiológica (Schuh et al., 2013).

Uma opção que vem sendo explorada por empresas do ramo com a finalidade de reduzir os custos de produção de sementes é a colheita a granel, a qual pode ou não, ser acompanhada da dessecação química, cujo principal objetivo é a antecipação da colheita, atrelado a uniformização nos teores de água da massa de sementes. O armazenamento de grãos a granel está sujeito a deterioração e perdas por fatores que podem ser biológicos (insetos, fungos, ácaros, mofos, roedores) ou ambientais (temperatura, umidade e umidade relativa do ar) (Aviara et al., 2022). Isso gera ainda maiores dúvidas quanto às principais características de qualidade fisiológica em sementes de milho. A qualidade fisiológica das sementes está relacionada aos maiores percentuais de germinação, vigor e índice de velocidade de germinação (Medeiros et al., 2022). É conhecido que o vigor da semente é um dos principais componentes da qualidade da semente e refere-se ao potencial de uma semente para germinar rápida e uniformemente sob uma ampla gama de condições de campo (Wang et al., 2021). O vigor das sementes foi identificado como um requisito essencial para a produção agrícola (Wang et al., 2019). Sendo assim, metodologias não destrutivas de avaliação de sementes, como a imagens de Raios X, têm sido cada vez mais utilizadas na determinação de características físicas internas das sementes (Xia et al., 2019; Medeiros et al., 2022).

Diante do exposto compreender como o processo de colheita a granel com ou sem uso de dessecantes poderia afetar a qualidade fisiológica de sementes de milho híbrido é de fundamental importância. Além disso, verificar os custos envolvidos na colheita comparando a tradicional em espigas e em diferentes umidades será um diferencial.

3. Material e Métodos

3.1. Material vegetal, delineamento estatístico e condições experimentais

O experimento foi conduzido na estação experimental da Nortox do Brasil S.A, no município de Itumbiara (18°19'57,5'' S 48°12'6,07'' O e altitude de 520,8 m) no verão da safra 2021/2022.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial dois x dois x quatro, isto é, dois híbridos (fêmea P3456 e fêmea LAND 28) x dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) x quatro níveis de umidades de colheita (Testemunha, 20%, 16% e granel 13% de umidade, com quatro repetições).

As fêmeas utilizadas foram os híbridos simples P3456 (Corteva Agrisciences) e LAND 28 (Nortox do Brasil S.A), cruzadas com o macho híbrido simples NTX454 (Nortox do Brasil S.A). Utilizou-se a proporção de quatro linhas de fêmeas para cada duas linhas de

macho em ambos os híbridos, onde foi simulada a produção de dois híbridos duplos de milho, ou seja, duas fêmeas híbridos simples geneticamente diferentes, cruzadas, simultaneamente, com um mesmo macho, também híbrido simples.

As linhas foram semeadas numa extensão de 150 metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,6 metros e densidade de semeadura de seis sementes por metro. A fim de simular um campo de produção de sementes de milho híbrido, com uso de dessecantes antes da colheita, foram semeados lado a lado blocos de cruzamentos alternando as fêmeas, obtendo-se blocos de cruzamento com e sem dessecante em cada fêmea utilizada nos cruzamentos. As unidades experimentais foram compostas de dez metros de comprimento. Foi semeada, a fim da produção dos cruzamentos, a 1ª Fêmea (LAND 28) e 1º Macho (NTX454) no dia 25/08/2021 e a 2ª Fêmea (P3456) e o 2º Macho (NTX454) no dia 30/08/2021. A área do experimento foi instalada sobre irrigação de pivô lateral que supriu as eventuais necessidades hídricas.

O solo da área experimental foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade de seis sub-amostras, apresentando as seguintes características físico-químicas: pH em CaCl₂: 5,1; Ca: 2,34; Mg: 0,57; K: 0,63; Al: 0,00; H+Al: 6,52; SB: 3,5 e CTC: 10,0 em cmol_c dm⁻³; S: 27,8 e P: 18,72, em mg dm⁻³; Matéria orgânica: 31,63 (MB) em g kg⁻¹; Fe: 39,6; Mn: 99,08; Cu: 4,78 e Zn: 12,41 em mg dm⁻³. A adubação foi realizada no sulco de semeadura e em cobertura sendo utilizada a formulação 8-28-16 na quantia de 500 kg/ha. Para a adubação nitrogenada utilizou-se a ureia, na dose total de 400 kg por ha, aplicada 50% em V3 e os 50% restante em V5. Duas aplicações de fungicida, com o produto Priori-Xtra, na dose de 300 gramas do produto comercial por hectare, foram realizadas nos estádios de V10 e pré-floração para proteção preventiva de doenças foliares comuns à cultura.

O despendoamento, em sua primeira passada, foi realizado no dia 28/10/2021 e o repasse final nos blocos de cruzamentos em 02/11/2021, momento no qual 99,8 % das fêmeas encontravam-se despendoadas. Foi determinado o teor de água nos grãos (Nortox, marca Agrologic, modelo AL-102 Eco), com a finalidade de estimar as datas de aplicação do dessecante, bem como das futuras colheitas. Sendo assim, foi aplicado o agente dessecante herbicida Helmoquat, cujo ingrediente ativo é o Diquat (200 g i. a. L) no dia 09/12/2021, com o pulverizador de barra de 300 litros de calda por hectare e uso de espalhante. Um bloco de cruzamento de ambas as fêmeas foi dessecado e o outro bloco de cada fêmea permaneceu sem o dessecante.

O tratamento colheita foi dividido em: Testemunha, 20%, 16% e 13% de umidade, onde para o tratamento colheita (testemunhas), as avaliações foram realizadas entre os dias

20/12/2021 e 23/12/202, colhendo-se de quatro a seis espigas, com teores de umidade entre 32,8 e 35,2 %. A colheita em granel foi realizada com umidade entre 21,8% e 29,2%, nos dias 10 e 11/01/2022 após então foi realizado a debulha do grão no teor de água de 20%, 16% e 13%. Isso foi decorrente das elevadas precipitações obtidas nos meses de dezembro e janeiro de 2021. Sendo assim, a colheita na forma de espigas foi antecipada para todos os tratamentos, em ambas as fêmeas, para evitar perdas de plantas por quebra de colmo, acamamento de raízes, bem como também possível apodrecimento de espigas por fungos. Sendo assim, os tratamentos acima iniciaram o processo de secagem para poderem ser debulhados nas respectivas umidades (20%, 16% e 13%), no mesmo dia em que foram colhidos. As espigas foram acondicionadas em sacos de tela plástica de forma que o ar da secagem pudesse passar sem resistência pela embalagem, mas que não permitisse a perda de grãos pela sacaria.

A secagem das amostras foi realizada em caixas metálicas, nas quais o ar forçado aquecido entrava pela parte inferior, passando por uma tela perfurada no fundo da mesma e pelas sacarias contendo as amostras. A temperatura do ar variou de 38 a 42° e a cada 24h as amostras foram movimentadas para garantir uniformização de secagem. Foram realizados testes de umidade ao longo do período de secagem a fim de debulhar mais próximo de 13% possível. Após, as amostras debulhadas (SB modelo 09, 380 a 400 rpm) foram expurgadas com Gastoxin nas dosagens recomendadas por bula para eliminarmos qualquer infestação por traças e gorgulhos oriundos do campo e acondicionadas na câmara fria da estação experimental da Nortox (9/11° e 45/50 % U). As amostras permaneceram armazenadas em uma sala refrigerada com ar condicionado (20°) até o momento das análises descritas a seguir.

3.2. Atributos da qualidade física e determinação da Peneira 15/64

A massa de mil sementes (TSM) foi determinada por meio da contagem de oito replicatas de 100 sementes, com quatro repetições, provenientes da porção de sementes pura. Ao final das pesagens realizou-se a média e proporção para 1000 sementes (Brasil, 2009). Na produção de sementes a classificação por tamanho através do número de sementes por unidade de peso é avaliada por calibres de sementes de acordo com tamanho pequeno, médio e grande. Sendo relacionado sementes de maior tamanho, com vigor e plantabilidade. Para esta determinação, 1 (um) kg de sementes de cada repetição e tratamento foi passada sobre uma pequena peneira que retém a peneira 16/64, deixando passar as sementes que

tenham o calibre 15/64 ou inferior. A amostra foi vibrada manualmente sobre a peneira por dois (02) minutos a fim de certificar que todas as sementes haviam sido expostas adequadamente sobre os orifícios da peneira. E o peso de sementes abaixo da peneira 16/64 foi chamada de 15/64 e pesada.

3.3. Atributos da qualidade fisiológica

No teste de germinação a semeadura foi realizada em folhas de papel germitest, umedecidos com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco com quatro repetições de 50 sementes. Os rolos foram mantidos em B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) regulada à temperatura de 25 °C, com fotoperíodo de 12/12 h (Brasil, 2009). A porcentagem de plântulas germinadas normais (representada por plântulas que possuíam todas as estruturas essenciais desenvolvidas como sistema radicular, parte aérea e coleóptilo sem nenhum tipo de dano, bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias) foram computadas na primeira contagem da germinação ao 4º dia (G4) e na contagem final ao 7º dias (G7). Foram contabilizadas também durante a contagem final, além das plântulas normais, as plântulas anormais (aquelas que não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, mesmo crescendo em condições favoráveis), sementes duras (sementes que permanecem sem absorver água por um período mais longo que o normal e se apresentam, portanto, no final do teste com aspecto de sementes recém colocadas no substrato, não intumescidas) e mortas (sementes que no final do teste não germinaram, não estão duras, apresentam-se amolecidas e não apresentam nenhum sinal de início de germinação) (Brasil, 2009).

No teste de frio (CT) primeiramente foi confeccionado o teste de germinação de acordo com Brasil (2009). Os rolos foram colocados em sacos plásticos, vedados e mantidos durante sete dias a 10 °C, decorrido esse período foram transferidos para o germinador, a 25 °C por um período de quatro dias e, em seguida foram efetuadas a contagem de plântulas normais (Egli e Rucker, 2012).

3.4. Teste de Raios X

O teste de Raios X foi realizado utilizando-se o aparelho LX-60 (Faxitron X-Ray Corporation, modelo 43855A, Hologic, Britannia Drive, Tucson, Arizona USA). As sementes foram dispostas em placas de acrílico transparente sobre fita dupla-face e numeradas sequencialmente e radiografadas a 27 Kvs por 10 s. Após a exposição à radiação as imagens digitais obtidas foram analisadas por meio do puglins IJCropSeed desenvolvido para o software ImageJ® (<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>) (Medeiros et al., 2022).

Após o processamento, foram avaliadas a morfologia interna das sementes, de modo a investigar os possíveis danos, através das seguintes variáveis: área da semente (mm²), perímetro da semente (mm), circularidade da semente, preenchimento da semente e densidade relativa da semente (cinza.pixel⁻¹).

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância ($P < 0,01$; $P < 0,05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o programa Rbio (2016).

4. Resultados

No presente estudo foi constatada aceleração da perda da umidade dos grãos pela aplicação do dessecante (Tabela 01), sendo uma importante característica relacionada a antecipação e gerenciamento de colheitas (Tabela 01).

Tabela 01. Datas de plantio, dessecação e umidade dos grãos das sementes nos dois híbridos avaliados - LAND 28 e P3456.

Procedimentos/ Data		Dessecação	Umidade dos grãos (%)
Data do plantio			
LAND 28	25/08/2021	-	-
P3456	30/08/2022	-	-
Data da dessecação			
LAND 28	09/12/2021	-	47,98
P3456	09/12/2021	-	42,66
Amostragem de Umidade			
LAND 28	17/12/2021	DESSECADO	43,4
LAND 28	20/12/2021	DESSECADO	34,5
LAND 28	17/12/2021	TESTEMUNHA	43,9
LAND 28	20/12/2021	TESTEMUNHA	41,4
P3456	17/12/2021	DESSECADO	36,5
P3456	20/12/2021	DESSECADO	32,8
P3456	17/12/2021	TESTEMUNHA	40,1
P3456	20/12/2021	TESTEMUNHA	38,0

A Tabela 02 mostra a análise de variância referente ao esquema fatorial entre dois híbridos (fêmea P3456 e fêmea LAND 28) x dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) x quatro níveis de umidades de colheita (Testemunha, 20%, 16% e 13% de umidade).

Tabela 02. Análise de variância referente ao esquema fatorial dois x dois x quatro: dois híbridos (fêmea P3456 e fêmea LAND 28) x dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) x quatro níveis de umidades de colheita (Testemunha, 20%, 16% e 13% de umidade).

Variáveis	Híb.	Des.	Um	Híb. X Des.	Híb. X Um	Des X Um	Híb. X Des. X Um	CV (%)
Massa de 1000 sementes	**	**	*	**	ns	ns	*	3,68
Plântulas germinadas normais	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	1,51
Perímetro da semente	**	**	ns	**	ns	ns	ns	1,21
Área da semente	**	**	ns	**	ns	ns	ns	2,27
Preenchimento da semente	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	4,1
Peso sem menores 15/64	**	**	ns	**	ns	ns	ns	40,23
Circularidade da semente	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	0,72
Plântulas germinadas anormais	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	51,78
Vigor de sementes normais	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	2,03
Vigor de sementes anormais	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	42,66
Densidade relativa da semente	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	4,01
Peso de sementes danificadas	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	51,14

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$ e ns - não significativo. Híb (híbridos), Des (dessecante) e Um (umidade).

Observou-se diferença significativa no fatorial triplo apenas para a variável massa seca de 1000 sementes ($P < 0,05$) (Tabela 02; Figura 1 A e B). Para essa variável, os maiores valores médios foram observados na fêmea LAND 28, quando comparada à fêmea P3456, nas condições em que houve dessecação e colheita nas umidades 13%, 20% e na testemunha, enquanto, para o teor de 16%, as médias apresentaram valores iguais. Para as condições em que não houve dessecação, em todos os teores de umidade, os maiores valores médios foram observados na fêmea LAND 28. Quando analisado o mesmo híbrido dentro das diferentes umidades, somente o LAND 28 no método não dessecado na umidade espiga apresentou menores valores médios quando comparado aos demais. Ainda, verificando os métodos de dessecação, o híbrido LAND 28 obteve maiores valores médios no método não dessecado

em relação ao dessecado. Em contrapartida, o híbrido P356 não diferiu entre os métodos de dessecação para a massa de 1000 sementes (Figura 01).

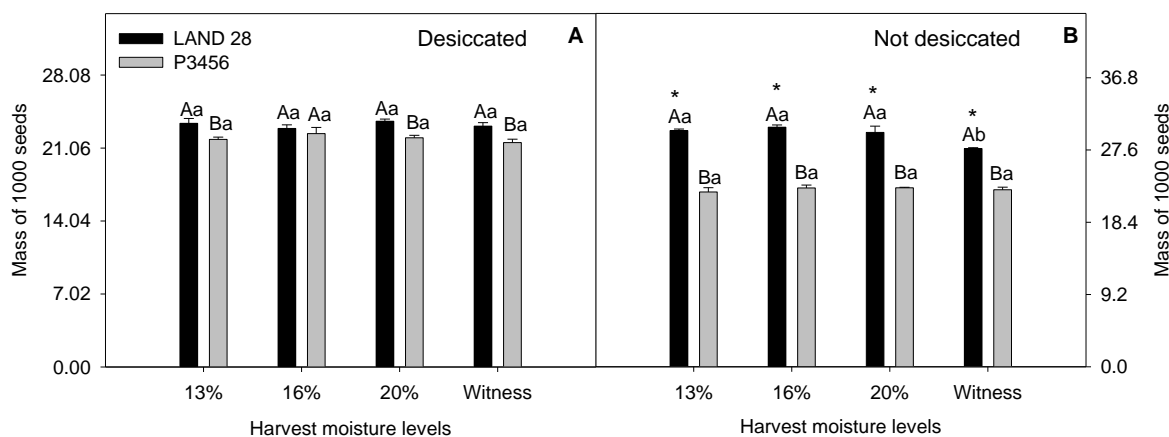


Figura 01. Massa de 1000 semente de dois híbridos, dois métodos de dessecação (P3456 Dessecada=> 32,8% - 20/12/21; LAND 28 Dessecada=> 33,8% - 21/12/21; P3456 Não Dessecada=> 35,2% - 23/12/21; LAND 28 Não Dessecada=> 34,2%) e quatro níveis de umidades de colheita (testemunha, 13%, 16% e 20% e de umidade). Dados apresentados a partir do esquema fatorial triplo de acordo com a significância da ANOVA. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam níveis de umidades de colheita entre os diferentes híbridos. Letras minúsculas comparam os níveis de umidades de colheita dentro do mesmo híbrido. * expressa valores significativamente maiores entre os métodos de dessecação pelo teste de Tukey.

Para a variável plantas normais germinadas foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) entre os fatores níveis de umidade de colheita e métodos de dessecação (Tabela 02). Para os diferentes níveis de umidade avaliados, na condição em que houve dessecação, apenas no teor 20% houve diferença estatística em relação aos demais níveis. No entanto, na condição em que não houve dessecação, as médias apresentadas não variaram entre os níveis de umidade avaliados (Figura 02).

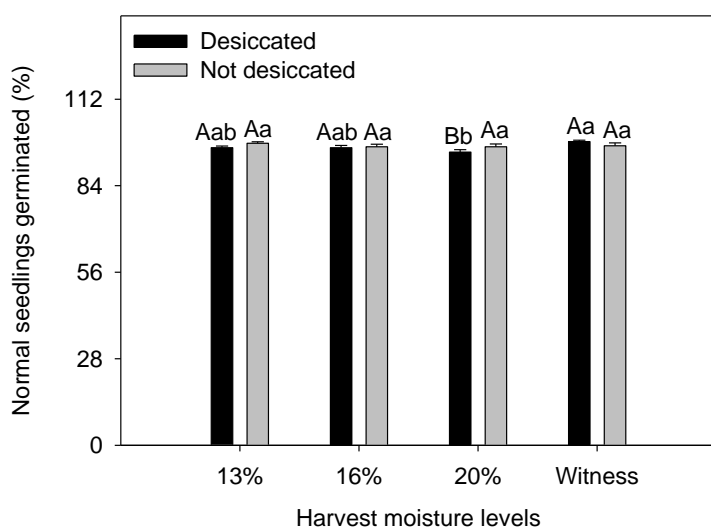


Figura 02. Plantas normais germinadas de milho diante de dois métodos de dessecação (dessecada e não dessecada) e quatro níveis de umidades de colheita (testemunha, 13%, 16% e 20% de umidade). Dados apresentados a partir do esquema fatorial duplo de acordo com o significância da ANOVA. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam níveis de umidades de colheita entre os diferentes métodos de dessecação. Letras minúsculas comparam os níveis de umidades de colheita dentro do mesmos métodos de dessecação pelo teste de Tukey.

Para as variáveis perímetro, área de semente e preenchimento de semente, além de peso em peneira 15/64 observou-se diferença significativa no fatorial híbrido x dessecante (Tabela 02; Figura 03). Para as variáveis perímetro e área da semente, entre os métodos de dessecação o híbrido LAND 28 obteve maiores valores médios que o P3456, enquanto, o LAND 28 obteve maiores valores médios na condição em que não houve dessecação (Figura 03).

Maiores valores de preenchimento da semente foram observados para o híbrido LAND 28 em relação ao P3456 para a condição em que não houve dessecação. E o híbrido LAND 28 também obteve maiores valores médios na condição em que não houve dessecação em relação a condições que houve dessecação (Figura 03). Em contrapartida, para a variável peso em peneira 15/64 maiores valores médios foram observados para o híbrido P3456 em comparação ao LAND 28 em ambos os métodos de dessecação. Já quando comparado os métodos de dessecação diante do mesmo híbrido, em condições de dessecação maiores valores médios foram observados para o LAND 28 em comparação com a condição em que não houve dessecação, entretanto o oposto foi obtido para o híbrido P3456, onde maiores valores médios foram observados para a condição em que não houve dessecação em comparação com a condição em que não houve dessecação (Figura 03).

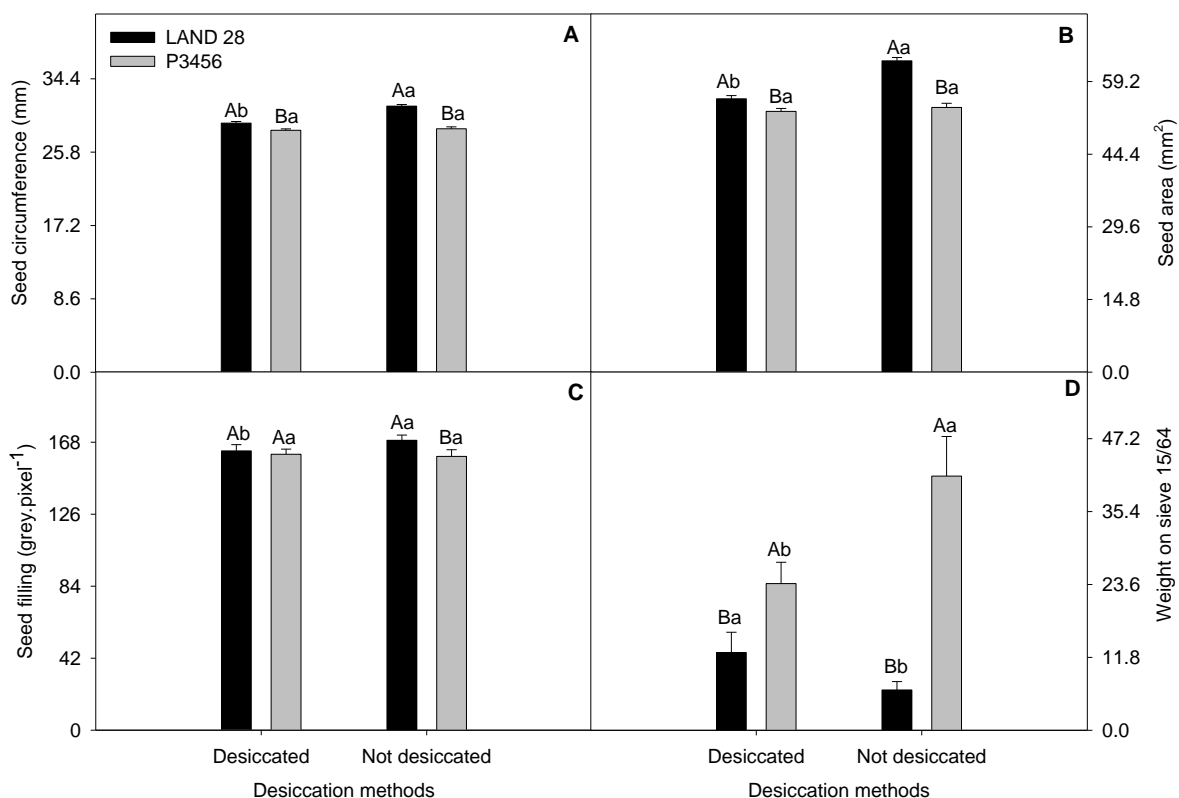


Figura 03. Perímetro de semente (A), área da semente (B), preenchimento da semente (C) e peso em peneira 15/64 (D) de dois híbridos, dois métodos de dessecação (P3456 Dessecada=> 32,8% - 20/12/21; LAND 28 Dessecada=> 33,8% - 21/12/21; P3456 Não Dessecada=> 35,2% - 23/12/21; LAND 28 Não Dessecada=> 34,2%). Dados apresentados a partir do esquema fatorial duplo de acordo com a significância da ANOVA. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbridos dentro dos mesmos métodos de dessecação. Letras minúsculas comparam os híbridos entre os diferentes métodos de dessecação pelo teste de Tukey.

Para a circularidade da semente e plantas germinadas anormais foram observadas diferenças somente entre híbridos e níveis de umidade de colheita (Tabela 02; Figura 04). Para a variável circularidade da semente, maiores valores médios do híbrido LAND 28 foram observados em comparação com o híbrido P3456, bem como valores superiores para a umidade de 13 e 20% em relação à testemunha (Figura 04 A e B). Maiores valores médios de plantas germinadas anormais foram observados para o híbrido P3456 em comparação ao híbrido LAND 28. Para essa variável, considerando os teores de umidade de colheita, maiores valores médios foram obtidos para 20% em relação à testemunha (Figura 04 C e D).

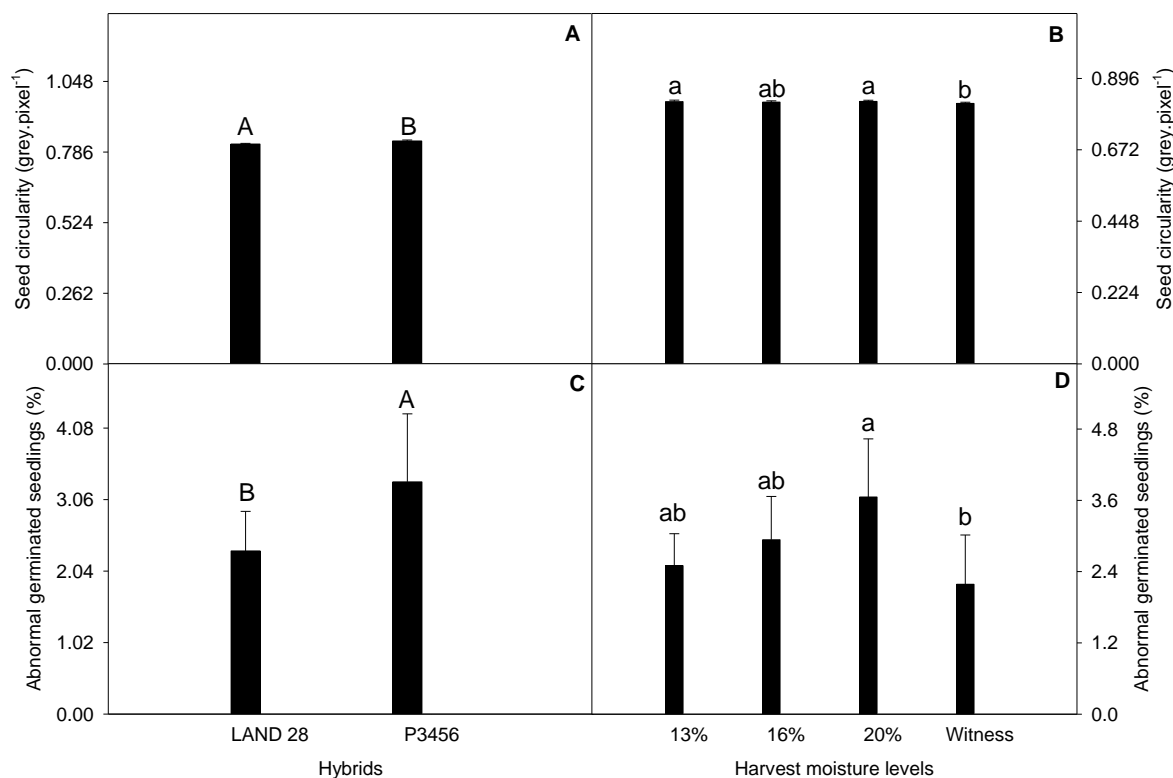


Figura 04. Circularidade da semente (A e B) e plantas germinadas anormais (C e D) de dois híbridos (fêmea LAND 28 e fêmea P3456) e quatro níveis de umidades de colheita (testemunha, 13%, 16% e 20% de umidade). Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbridos (A e C) e letras minúsculas comparam os níveis de umidades de colheita (B e D) pelo teste de Tukey.

Os percentuais de plântulas normais e anormais foram avaliados no teste de vigor, e diferenças isoladas somente entre os híbridos e o método de dessecação foram obtidos (Tabela 02, Figura 05). Para o híbrido LAND 28 maiores valores médios de sementes normais foi obtido em relação ao P3456 (Figura 05 A), em contrapartida o oposto foi encontrado para o vigor de sementes anormais (Figura 05 C). Quando analisado o método de dessecação, o vigor de sementes normais foi superior nos tratamentos em umidade que não houve dessecação, porém o oposto foi verificado para o vigor de sementes anormais (Figura 05 B e D).

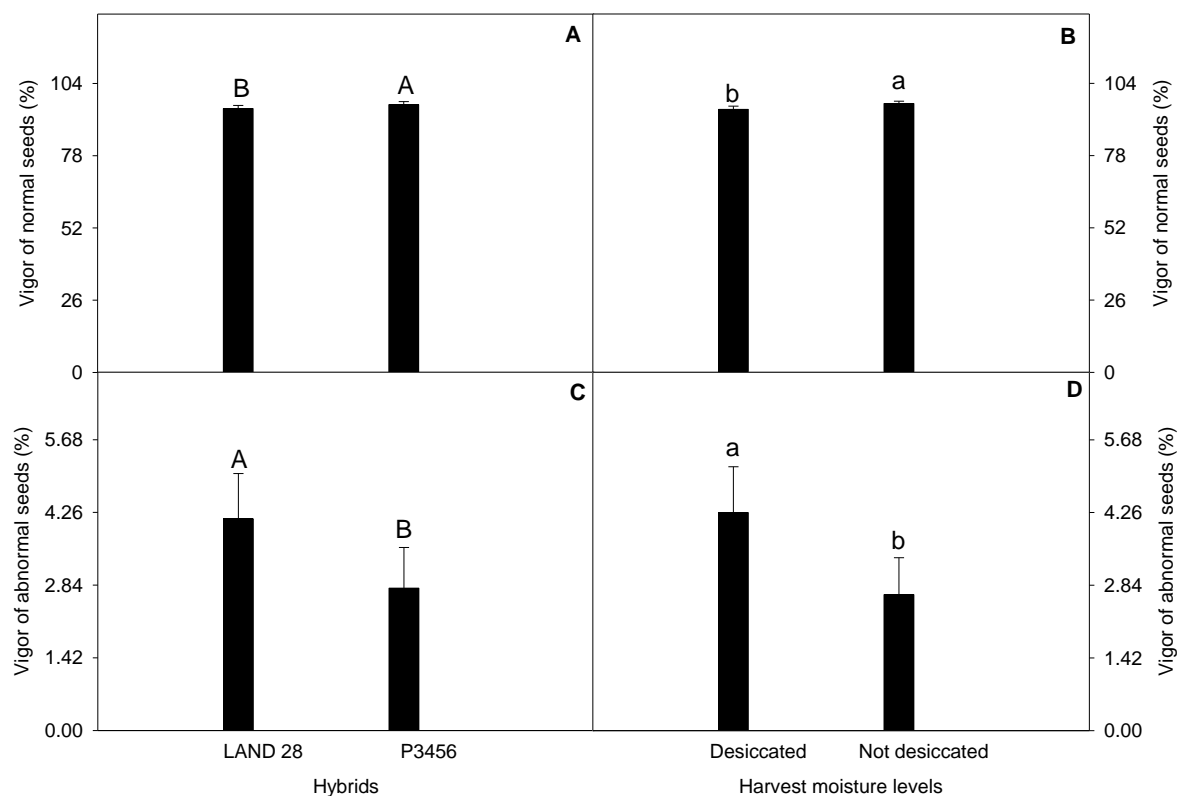


Figura 05. Sementes normais no teste de vigor (A e B) e sementes anormais no teste de vigor (C e D) de dois híbridos e dois métodos de dessecação (P3456 Dessecada=> 32,8% - 20/12/21; LAND 28 Dessecada=> 33,8% - 21/12/21; P3456 Não Dessecada=> 35,2% - 23/12/21; LAND 28 Não Dessecada=> 34,2%). Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbridos (A e C) e letras minúsculas comparam os métodos de dessecação (B e D) pelo teste de Tukey.

Não foi obtido diferença no fatorial duplo e triplo para densidade relativa da semente e peso de sementes danificadas, somente a variação do fator isolado, onde o híbrido LAND 28 maiores valores médios para ambas as variáveis em relação ao híbrido P3456 (Tabela 02; Figura 06).

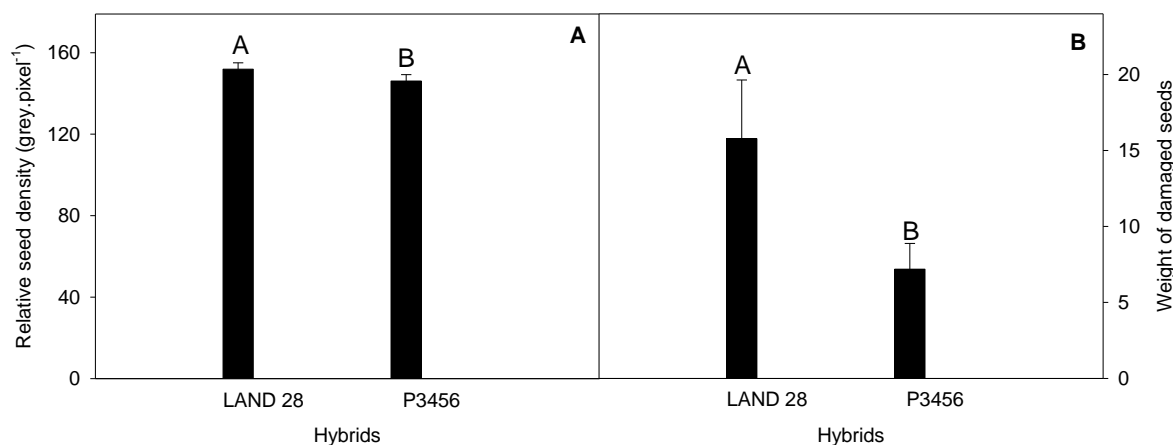


Figura 06. Densidade relativa da semente (A) e peso de sementes danificadas (B) de dois híbridos (fêmea LAND 28 e fêmea P3456) de milho. Os dados são médias \pm ER. Letras maiúsculas comparam os híbridos de milho pelo teste de Tukey.

5. Discussão

No presente estudo, quando não se promoveu a dessecação, maior valor médio de massa de mil sementes foi observado para a fêmea LAND 28 quando comparada à fêmea P3456, evidenciando ser um híbrido de maior ciclo vegetativo e grãos de tamanhos maiores. Em contrapartida, o efeito do dessecante mostra uma interrupção no processo de enchimento de grãos em ambos os híbridos estudados.

A variável massa de mil grãos, em ambos os híbridos, diferiu estatisticamente quando comparadas as umidades de colheita, exceto na umidade de 16% quando se utilizou o dessecante, sendo indicada esta faixa de teor de água no grão como um potencial referencial de colheita e debulha para produção de sementes. Oscilações de temperatura acompanhadas de altos índices pluviais e flutuação de umidade relativa do ar, nas fases de maturação e pré-colheita, podem provocar perdas na qualidade física, fisiológica e na sanidade de sementes, sendo que a aplicação de dessecantes em pré-colheita contribui para a redução da exposição das sementes a condições climáticas desfavoráveis e para diminuir a possibilidade de prejuízos à germinação e vigor (Magalhães et al., 2002; Daltro et al., 2010).

De acordo com o nosso estudo, a aplicação do herbicida à base de Diquat (1,1'-ethylene-2,2'-bipyridyl) pode ser empregado como agente dessecante na produção de sementes de milho híbrido sem afetar sua germinação e vigor. Além disso, a aplicação desse herbicida na dose de 2,0 L ha⁻¹ pode ser feita quando o teor de água na semente estiver entre 45 e 50%. O uso de dessecantes pode constituir em alternativa para superação de problemas

por promover a secagem e queda das folhas, além de fazer com que as sementes percam água rapidamente, possibilitando a realização da colheita em período mais próximo ao ponto de maturidade fisiológica (da Silva, et al., 2016).

A aplicação de dessecante Diquat provocou um sensível adiantamento no ciclo, antecipando a colheita em cinco a seis dias em relação aos mesmos híbridos não dessecados. Esta prática é bastante útil para se programar a época de colheita, melhorando a eficiência das colheitadeiras, bem como das Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS), ainda, se afetar as características essenciais das sementes como a germinação e o vigor. Em estudos realizados por Zagonel et al. (2002), com plantas de feijão, o herbicida Diquat, quando utilizado em pré-colheita, proporcionou maior uniformidade à maturação, ocasionando secagem mais uniforme dos grãos e das vagens, pois não induz à deiscência das vagens, e também não afeta a germinação e o vigor de sementes.

É importante ressaltar que a germinação foi inferior ao método tradicional de colheita em espigas, quando a colheita a granel ocorreu no teor de umidade de 20% utilizando da dessecação podendo ter ocorrido pela imaturidade do embrião e demais estruturas da semente quando o teor de água esteja ao redor de 20%. A maturação de sementes de milho pode ser acompanhada também pela linha de leite, onde durante o processo de maturação ocorre a progressiva solidificação do endosperma leitoso devido à conversão da sacarose em amido, começando no ápice e terminando na base da semente. Nesse período, a linha de leite é uma camada externamente visível na face oposta ao embrião, que limita as matrizes sólida e líquida do endosperma (Resende et al., 2005). A dessecação não interferiu na densidade relativa dos grãos e no aumento de sementes danificadas em qualquer nível de teor de água na semente em ambas os híbridos. Além disso, o teor de água nas sementes para a colheita a granel não interferiu nos percentuais de plântulas normais e anormais nos híbridos, sendo importante compreender que colher a granel dentro 20% até 13%. Já é relatado na literatura que a colheita do milho deve ser realizada quando os grãos estiverem bem secos, ou seja, com umidade em torno de 14%, se o objetivo for armazenar o produto debulhado e ensacado ou debulhado e a granel (EMBRAPA, 2023).

Alterações na qualidade fisiológica das sementes podem estar diretamente ligadas à formação das sementes, principalmente no que diz respeito aos aspectos relacionados ao rompimento celular em sementes de baixa densidade e com baixos percentuais de enchimento. Pesquisas recentes demonstram dados sobre parâmetros físicos internos de sementes avaliados por imagens de Raios X, correlacionando efetivamente esses dados com atributos de germinação e vigor (Abud et al., 2018; Campos et al., 2022). A utilização da

técnica de Raios X é vantajosa na redução dos custos de armazenamento de sementes, pois permite a separação das sementes, contribuindo para lotes de sementes mais vigorosos (Medeiros et al., 2020). Conforme observado no presente estudo, a análise do perímetro e área de sementes pelo método de Raio X mostrou serem características afetadas pelo uso de dessecação, porém tal ocorrência pode possuir interação com o híbrido, uma vez que para P3456 não houve alterações nestes parâmetros, enquanto na fêmea LAND 28 o não dessecado apresentou valores superiores para essas características. Em estudos realizados em cultivares de *Brachiaria*, a avaliação através do teste de Raios X indicou associação entre a morfologia interna das sementes e sua qualidade fisiológica (Vieira Campos et al., 2022). A técnica de Raios X tem como característica permitir a caracterização da morfologia interna da semente, como danos por predação de insetos e mecânicos durante a colheita, identificação de sementes cheias e/ou malformadas, transporte e/ou armazenamento e porcentagem de áreas internas vazias (Arruda et al., 2016; Al-Turki et al., 2017).

É importante destacar que a colheita de sementes a granel é prejudicada quando o teor de água nas sementes está próximo de 20% em ambas os híbridos. Através do teste de vigor foram observadas interações entre híbrido x dessecante, onde o percentual de plântulas anormais apresentou maiores valores médios para o híbrido P3456 em comparação com o LAND 28, e o oposto foi obtido para o teste de vigor de plantas normais. Já quando o dessecante Diquat foi aplicado, o híbrido LAND 28 apresentou maiores valores médios de plântulas anormais quando comparada à não dessecação. Isso evidencia que o híbrido P3456 tolera melhor, ou não é afetado pela dessecação, demonstrando a necessidade de se avaliar a dessecação para a característica vigor de sementes. Para reforçar essa importância, alguns estudos demonstram que a utilização de sementes de milho de alto vigor promove ganhos de produtividade (Pereira et al., 2008). Reis et al (2022) demonstrou que para cada aumento de 1,0 ponto percentual no nível de vigor do lote, estimado pelo teste de frio, o aumento na produção de grãos pode chegar a 43,5 kg ha⁻¹.

O método de dessecação pode afetar as sementes de híbrido, conforme observado no presente estudo para o híbrido LAND 28, o peso da menor peneira 15/64 foi maior quando dessecado comparado ao não dessecado. Em contrapartida, na fêmea P3456 o contrário foi observado. Sementes maiores e com maior massa, geralmente, apresentam embriões bem formados e com maior concentração de compostos de reserva (Carvalho e Nakagawa, 2000), que produzem mudas mais vigorosas que se destacam em condições não ideais (Finch-Savage e Bassel 2015). É importante ressaltar que a peneira 15/64 em muitas empresas sementeiras é descartada, o que pode reduzir a produtividade em unidades de sementes por

área. Neste contexto, testes devem ser realizado com cada híbrido. Além disso, a característica preenchimento de sementes possui interação com o híbrido dado que resultou ser maior no LAND 28 comparada à P3456 quando não dessecados. No entanto, quando utilizado a dessecação somente o LAND 28 como fêmea foi afetada, sendo maior no método sem dessecação. Isto mostra que os híbridos podem interagir negativamente em preenchimento de sementes, enquanto outros não, o que nos leva a concluir que há uma necessidade de se testar cada material antes de se utilizar o método da dessecação. O preenchimento de sementes pode afetar alguns atributos de sementes como a longevidade do vigor e da germinação normais.

A longevidade de sementes colhidas a granel, bem como sua interação com o uso de dessecantes, deve ser mais bem analisada em estudos futuros de maior duração, envolvendo análises de pelo menos um ano de armazenamento em ambientes com e sem refrigeração. Além disso, a possibilidade de colher sementes sendo debulhadas a campo proporciona uma economia de recursos financeiros, dado que a colheita, transporte e secagem em grãos é mais econômico quando comparado ao método tradicional de colheita em espigas, levando em consideração que não iria afetar a qualidade fisiológica das sementes.

6. Conclusões

O uso do dessecante Diquat (dose de 2,0 L ha⁻¹) na produção de sementes de milho híbrido - fêmeas P3456 e LAND 28 pode antecipar a colheita em cinco a seis dias.

A umidade de colheita entre 16% e 18% é a mais indicada para colheitas a granel. Já o teor de água em 20% alterou significativamente a germinação de sementes de milho híbrido.

O método de dessecação afeta o tamanho e o preenchimento das sementes, além disso, a técnica de Raios X, demonstrou ser eficiente para análise da qualidade das sementes.

7. Referências bibliográficas

- Abass, A. B., Ndunguru, G., Mamiro, P., Alenkhe, B., Mlingi, N., & Bekunda, M. (2014). Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania. *Journal of stored products research*, 57, 49-57.
- Abud, H. F., Cicero, S. M., & Gomes Junior, F. G. (2018). Imagens radiográficas e a relação da morfologia interna com o potencial fisiológico de sementes de brócolis. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40.

- Al-Turki, T. A., & Baskin, C. C. (2017). Determination of seed viability of eight wild Saudi Arabian species by germination and X-ray tests. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(4), 822-829.
- Arruda, N., Cicero, S. M., & Guilhien Gomes-Junior, F. (2016). Radiographic analysis to assess the seed structure of *Crotalaria juncea* L. *Journal of Seed Science*, 38, 161-168.
- Aviara, N. A., Liberty, J. T., Olatunbosun, O. S., Shoyombo, H. A., & Oyeniya, S. K. (2022). Potential application of hyperspectral imaging in food grain quality inspection, evaluation and control during bulk storage. *Journal of Agriculture and Food Research*, 100288.
- Brasil, (2009). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Coordenação de Laboratório Vegetal. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 2009. ISBN 978-85-99851-70-8.
- Carvalho, N. M., Nakagawa, J. 2000. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4 ed., Jaboticabal, SP, FUNEP, 2000. 588 p.
- Contini, E., Mota, M. M., Marra, R., Borghi, E., Miranda, R. D., Silva, A. D., ... & Mendes, S. M. (2019). Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).
- Da Silva, I. F., Junior, A. F., & Lorenzetti, E. (2016). Efeito de dessecantes na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Cultivando o Saber*, 9(3), 44-52.
- Daltro, E. M. F., Albuquerque, M. C. D. F., França Neto, J. D. B., Guimarães, S. C., Gazziero, D. L. P., & Henning, A. A. (2010). Pre-harvest desiccation: effects on the physiological quality of soybean seed. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 111-122.
- Egli, D. B., & Rucker, M. (2012). Seed vigor and the uniformity of emergence of corn seedlings. *Crop Science*, 52(6), 2774-2782.
- EMBRAPA (2023). Milho - Colheita e pós-colheita. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/perguntas/colheita2.php#:~:text=A%20colheita%20do%20milho%20deve,fa%C3%A7a%20a%20secagem%20artificial%20imediatamente>. Acessado: 28 de fevereiro de 2023.
- Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Journal of experimental botany*, 67(3), 567-591.
- Huang, H., Danao, M. G., Rausch, K., & Singh, V. (2013). Diffusion and production of carbon dioxide in bulk corn at various temperatures and moisture content. In *2013 Kansas City, Missouri, July 21-July 24, 2013* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

- Liu, Z., Hao, Z., Sha, Y., Huang, Y., Guo, W., Ke, L. & Mi, G. (2022). High responsiveness of maize grain yield to nitrogen supply is explained by high ear growth rate and efficient ear nitrogen allocation. *Field Crops Research*, 286, 108610.
- Magalhães, P. C., Durães, F. O. M., & Karam, D. (2002). Eficiência dos dessecantes paraquat e diquat na antecipação da colheita do milho. *Planta Daninha*, 20, 449-455.
- Medeiros, A. D. D., Martins, M. S., Silva, L. J. D., Pereira, M. D., León, M. J. Z., & Dias, D. C. F. D. S. (2020). X-ray imaging and digital processing application in non-destructive assessing of melon seed quality. *Journal of Seed Science*, 42.
- Medeiros, R. V., Sales, J. F., Nascimento, K. J. T., Rúbio-Neto, A., Zuchi, J., Resende, O., Rodrigues, A. A. (2022). Associations between integument color and physical and physiological quality in *Pterodon pubescens* seeds. *Plants*, 11(10), 1302.
- Neves, E. D., Peske, S. T., Villela, F. A., Baudet, L., & Peres, W. B. (2005). Secagem de sementes de milho em espiga, em função da altura da camada e fluxo de ar. *Revista Brasileira de Sementes*, 27, 117-124.
- Pereira, A. F., Melo, P. G. S., Oliveira, J. P. D., Assunção, A., & Bueno, L. G. (2008). Qualidade fisiológica de sementes e desempenho agrônomo de genótipos de milho doce.
- Reis, V. U. V., Penido, A. C., Carvalho, E. R., Rocha, D. K., Reis, L. V., & Semolini, P. H. Z. (2022). Vigor of maize seeds and its effects on plant stand establishment, crop development and grain yield. *Journal of Seed Science*, 44.
- Resende F., M. A. V., Von Pinho, R. G., Von Pinho, É. V. D. R., Guimarães, R. M., & de Oliveira Freitas, F. E. (2005). Qualidade de sementes de milho colhidas em diferentes estádios de maturação em duas épocas de produção. *Revista Ceres*, 52(300).
- Schuh, G. C., Antunes, L. E., Ferrari Filho, E., Dionello, R. G., & Bender, R. J. (2013). Secagem de linhagens de milho colhido em espiga para seleção de plantas-mãe na produção de sementes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(1), 8-14.
- Tanumihardjo, S. A., McCulley, L., Roh, R., Lopez-Ridaura, S., Palacios-Rojas, N., & Gunaratna, N. S. (2020). Maize agro-food systems to ensure food and nutrition security in reference to the Sustainable Development Goals. *Global Food Security*, 25, 100327.
- Van Wart, J., Kersebaum, K. C., Peng, S., Milner, M., & Cassman, K. G. (2013). Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*, 143, 34-43.
- Vieira Campos, L., Almeida Rodrigues, A., de Fátima Sales, J., Almeida Rodrigues, D., Carvalho Vasconcelos Filho, S., Lino Rodrigues, C., ... & Rubio Neto, A. (2022).

- Radiographic Imaging as a Quality Index Proxy for *Brachiaria brizantha* Seeds. *Plants*, 11(8), 1014.
- Wang, X., Zheng, H., Tang, Q., Mo, W., & Ma, J. (2019). Effects of gibberellic acid application after anthesis on seed vigor of indica hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Agronomy*, 9(12), 861.
- Wang, Y., Peng, Y., Qiao, X., & Zhuang, Q. (2021). Discriminant analysis and comparison of corn seed vigor based on multiband spectrum. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106444.
- Xia, Y., Xu, Y., Li, J., Zhang, C., & Fan, S. (2019). Recent advances in emerging techniques for non-destructive detection of seed viability: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 1, 35-47.
- Zagonel, J., Venancio, W. S., & de Sousa Neto, A. M. (2002). Eficácia do herbicida diquat na dessecação em pré-colheita da cultura do feijão. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 3(1), 17-22.