



LUAN VINICIUS GUSMÃO

**PROCESSOS INDUSTRIAIS DE TRATAMENTO QUÍMICO
DE SEMENTES DE SOJA E SEUS IMPACTOS SOBRE A
QUALIDADE FISIOLÓGICA AO LONGO DO
ARMAZENAMENTO**

**LAVRAS - MG
2024**

LUAN VINICIUS GUSMÃO

**PROCESSOS INDUSTRIAIS DE TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE
SOJA E SEUS IMPACTOS SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA AO LONGO DO
ARMAZENAMENTO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Orientador

Msc. Venicius Urbano Vilela Reis
Co-orientador

**LAVRAS-MG
2024**

LUAN VINICIUS GUSMÃO

**PROCESSOS INDUSTRIAIS NO TRATAMENTO DE SEMENTES E SEUS
IMPACTOS SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA
ARMAZENADAS**

**INDUSTRIAL PROCESSES OF CHEMICAL TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS
AND THEIR IMPACTS ON PHYSIOLOGICAL QUALITY DURING STORAGE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 22 de novembro de 2024.

Msc. Giulyana Isabele Silva Tavares
Eng. Agr. Kevin Augusto Chaves Fernandes

UFLA
UFLA

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Orientador

Msc. Venicius Urbano Vilela Reis
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

A deus, por ter me proporcionado saúde durante esta jornada.

A minha mãe Silvana por tudo que fez e me ensinou.

Ao meu padrasto Fabiano por todo o carinho e apoio.

E a todos meus familiares e amigos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me ter concedido saúde e proteção durante essa jornada.

Agradeço à minha mãe, Silvana, ao meu padrasto, Fabiano, aos meus avós maternos e à minha madrinha Simone, pela educação, pelos valores ensinados e, principalmente, por todo o amor e apoio ao longo desta trajetória.

Um agradecimento especial aos meus tios Silas e Sandra, que desde cedo me incentivaram e despertaram meu interesse pelos estudos.

Agradeço ao meu orientador e a toda a equipe de orientandos, que me ensinaram e apoiaram ao longo do meu tempo no setor.

A todos os professores e técnicos da UFLA, meu sincero reconhecimento pelo conhecimento compartilhado, em especial o Setor de Sementes, por todo aprendizado e ensinamento, durante os anos de graduação.

Aos meus irmãos da República Paióça, sou grato por me acolherem e por me ensinarem lições valiosas, além de me proporcionarem momentos inesquecíveis.

A todos os amigos que fiz durante a graduação, em especial aos meus companheiros acadêmicos, agradeço pelo apoio e pelas experiências compartilhadas.

Ao Núcleo de Estudos em Cana de Açúcar, pela amizade e conhecimento transmitido ao longo do meu período como membro.

Obrigado a todos!

RESUMO

O tratamento químico de sementes é uma alternativa para proteger lavouras em seu estágio inicial, período de maior vulnerabilidade a patógenos e pragas. Contudo, alguns componentes usados no tratamento, especialmente inseticidas, podem causar fitotoxicidade em determinadas condições. No trabalho o objetivo foi analisar efeitos de processos industriais de tratamento de sementes de soja, empregando estratificação em camadas de produtos fitossanitários, sobre a qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento. O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa e Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em fatorial 10 x 4, com 10 processos de tratamento com calda padronizada em 460mL 100 kg⁻¹ de sementes e quatro épocas de armazenamento (0, 45, 90, 135 dias). As sementes da cultivar Monsoy 6410 foram tratadas com até cinco produtos, sendo eles: fungicida (metalaxil-M, tiabendazol e fludioxonil), inseticidas (tiametoxam e ciantraniliprole), polímero (Biocroma®) e pó secante (Biogloss®), aplicados em camadas sequenciais ou misturados em até três etapas, com intervalos de 10 segundos. As sementes foram armazenadas a 20 °C, sendo avaliadas em 72 horas, 45 dias, 90 dias e 135 dias após o tratamento. Os testes realizados incluíram germinação em rolo papel com vermiculita, emergência de plântulas e envelhecimento acelerado em papel. O processo de estratificação do tratamento de sementes de soja pode amenizar os efeitos fitotóxicos, independentemente da ordem de aplicação. Quando o armazenamento é realizado em condições controladas e a sementes apresenta alta qualidade inicial, é seguro armazenar as sementes tratadas com esses produtos por um período inferior a 90 dias. Por ser um novo processo de tratamento, outros estudos são necessários com diferentes cultivares e outras formulações de tratamento para maior aprofundamento e segurança.

Palavras-chave: armazenamento; controle de qualidade; fitotoxidez ; *Glycine max L.*; volume de calda.

ABSTRACT

Seed treatment is an alternative to protect crops in their early stages, a period of greater vulnerability to pathogens and pests. However, some components used in the treatment, especially insecticides, can cause phytotoxicity under certain conditions. The aim of this study was to analyze the effects of industrial seed treatment processes for soybeans, using stratification in layers of phytosanitary products, on the physiological quality of the seeds of soybean during the storage. The experiment was conducted at the Central Laboratory for Seed Research and Analysis at the Federal University of Lavras. A completely randomized design with four replications in a 10 x 4 factorial arrangement was used, with 10 treatment processes involving a standardized solution of 460 mL per 100 kg⁻¹ of seeds, and four storage periods (0, 45, 90, 135 days). Seeds of the Monsoy 6410 cultivar were treated with up to five products, including: fungicides (metalaxyl-M, thiabendazole, and fludioxonil), insecticides (thiamethoxam and cyantraniliprole), polymer (Biocroma®), and drying powder (Biogloss®), applied in sequential layers or mixed in up to three stages, with 10-second intervals. The seeds were stored at 20 °C and evaluated at 72 hours, 45 days, 90 days, and 135 days after treatment. The tests included germination on paper rolls with vermiculite, seedling emergence, and accelerated aging on paper. The stratification process for soybean seed treatment can mitigate phytotoxic effects, regardless of the application order. When storage is carried out under controlled conditions and the seed is of high initial quality, it is safe to store seeds treated with these products for less than 90 days. Since it is a new treatment process, further studies are needed with different cultivars and other treatment formulations for deeper understanding and safety.

Keywords: storage; quality control; phytotoxicity; *Glycine max L*; slurry volume.

INDICADORES DE IMPACTO

O presente estudo exerce impactos tecnológicos no setor de produção de sementes, especialmente no processo de beneficiamento pós colheita de sementes de soja. Foram novos processos industriais de tratamento de sementes, visando à manutenção da qualidade, germinação e vigor até a semeadura. A utilização de produtos fitossanitários no tratamento de sementes possibilita o controle inicial de patógenos e pragas, favorecendo o estabelecimento de um alto estande de planta e resultando em um aumento na produtividade da principal cultura agrícola do Brasil, com grande importância econômica e social. Este estudo contou com a colaboração de um docente, cinco discentes e três técnicos do departamento de Agricultura e Estatística da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Dessa forma, os resultados obtidos no trabalho contribuem para a produção de sementes de soja de alta qualidade, incrementando a produção de um dos principais cereais do mundo, com impactos na segurança alimentar, com o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e inovadora.

IMPACT INDICATORS

This study has technological impacts on the seed sector, especially in the post-harvest processing of soybean seeds. It evaluates new industrial seed treatment processes aimed at maintaining quality, germination, and vigor up to sowing. The use of phytosanitary products in seed treatment enables the initial control of pathogens and pests, supporting the establishment of high plant stand and resulting in increased productivity of Brazil's main agricultural crop, which is of great economic and social importance. This study involved the collaboration of one faculty member, five students, and three technicians from the Department of Agriculture and Statistics at the Federal University of Lavras (UFLA). Thus, the results obtained contribute to the production of high-quality soybean seeds, enhancing the output of one of the world's main crops, with impacts on food security, as well as the development of a sustainable and innovative agriculture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Importância da soja grão e da semente	11
2.2 Qualidade de sementes.....	12
2.3 Tratamento de sementes	13
2.4 Armazenamento de sementes	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Local	15
3.2 Material	15
3.3 Análises	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max L.*) é uma das *commodities* mais importantes do agronegócio mundial, com impacto em diversos setores da cadeia agrícola. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador desse grão no mundo (CONAB, 2024).

Para alcançar este protagonismo, o uso de novas tecnologias, aliado à utilização de sementes de alta qualidade, foram fundamentais, visto que o estabelecimento inicial da lavoura está diretamente ligado à escolha de sementes com elevada germinação e alto vigor. Essas características conferem maior capacidade de desenvolvimento inicial das plântulas de soja, mesmo em condições adversas (Bagateli *et al.*, 2020).

Devido ao aumento dos desafios enfrentados no campo, como a pressão de pragas e doenças, a indústria sementeira adota o tratamento químico para preservar a qualidade fisiológica das sementes. Essa ferramenta vem crescendo e sendo aprimorada, com diferentes composições e formulações de tratamento que visam proteger a planta contra patógenos durante seus estágios iniciais de desenvolvimento (Bianchi *et al.*, 2022).

O Tratamento Industrial de Sementes (TSI) tem ganhado espaço na comercialização de sementes de soja. Por questões logísticas, as empresas passaram a armazenar as sementes já tratadas, aumentando o período de contato e interação dos produtos fitossanitários com as sementes, o que pode causar efeitos indesejados (Carvalho *et al.*, 2020). Estudos que avaliam a qualidade das sementes ao longo do armazenamento demonstram que a deterioração das sementes é um processo natural, mas que é acelerado por fatores como a fitotoxidez de inseticidas neonicotinóides, temperaturas e umidade elevadas, além do alto volume de calda utilizado no tratamento (Pereira *et al.*, 2018).

Dessa forma, novas abordagens de tratamento estão sendo desenvolvidas para assegurar a integridade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento e semeadura (Huang, 2015). Nesse contexto, o estudo de novos métodos e processos industriais que otimizem e, ao mesmo tempo, protejam as sementes torna-se necessário. Ainda não há relatos na literatura sobre a adição dos produtos de tratamento de forma separada, formando camadas de recobrimento de (estratificação), para sementes de soja, dividindo o volume de calda em porções menores, de modo a favorecer a manutenção da qualidade fisiológica das sementes até o momento de sua utilização.

Desse modo, no presente trabalho o objetivo foi avaliar a influência de diferentes processos operacionais de TSI na qualidade fisiológica de sementes de soja ao longo do armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da soja grão e da semente

A soja (*Glycine max L.*) é classificada como uma leguminosa dicotiledônea, possui um sistema radicular pivotante com raiz principal bem formada e exibe um elevado número de raízes secundárias. Essas raízes são capazes de formar nódulos de bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam nitrogênio (N) atmosférico. A cultura ganhou espaço no Brasil a partir do século XX, e seu cultivo foi amplamente difundido por volta de 1970, devido à escassez de produção em países tradicionalmente produtores (Freitas, 2011).

A soja está entre as culturas de maior impacto econômico na agricultura brasileira, e o Brasil se destaca como o maior produtor mundial, à frente de países como Estados Unidos e Argentina. A área semeada com a oleaginosa na safra de 2023/2024 foi de 46 milhões de hectares, com produção de 147,382 milhões de toneladas a segunda maior já colhida no Brasil, apesar das adversidades climáticas. Desse total, 101,862 milhões de toneladas de soja em grãos foram exportadas (Conab, 2024). O aumento da produção de soja acompanha a alta no consumo de proteína animal, setor que depende do farelo de soja em suas rações. O farelo contém, em média, 40% de proteína, 20% de óleo e 30% de carboidratos, fornecendo uma nutrição adequada para os animais (Carrão-Panizzi *et al.*, 2021).

Com o crescente aumento da área dedicada à produção de soja, há uma maior demanda por sementes, priorizando aquelas com alta qualidade fisiológica, que se refletem em sua germinação e vigor (Kolchinski, Schuch e Peske, 2006). Sementes de alta qualidade asseguram um alto estande de plantas em uma variedade de condições ambientais, além de influenciar positivamente os componentes de rendimento da cultura, como um maior número de nós produtivos por planta e um maior número de vagens, contribuindo com ganhos de 19% na produtividade quando comparadas às de baixo vigor (Bagateli *et al.*, 2020).

De acordo com a ABRASEM (Associação brasileira de mudas e sementes), na safra 2020/21, a taxa de utilização de sementes (TUS) dos produtores brasileiros de soja foi de 67%. Nos estados com maiores áreas de produção, Mato Grosso apresenta 75% de utilização, Paraná 62% e Goiás 70%. O índice TUS indica a proporção de sementes certificadas utilizadas pelos agricultores para o plantio na safra. Esse dado é uma ferramenta importante, que auxilia o setor produtor de sementes na sua tomada de decisões e no planejamento para atender às demandas dos produtores quanto a cultivares e tecnologias, oferecendo sementes padronizadas com garantia de germinação, vigor e eficiência no estande de plantas (Ludwig, 2014).

Assim, o mercado exige sementes com maior potencial produtivo, associada ao melhoramento genético que resultam em cultivares mais produtivas e adaptadas às condições climáticas, além de outras tecnologias empregadas como forma de alavancar a produção. Isso exige altos investimentos em tratamento industrial de sementes para a manutenção desse potencial produtivo até a semeadura (Ferreira *et al.*, 2016, Bagateli *et al.*, 2019).

2.2 Qualidade de sementes

A qualidade de um lote de sementes é garantida quando são verificados elevados índices de vigor, germinação e sanidade, além de pureza física e genética, sem a presença de sementes de plantas daninhas (Krzyzanowski *et al.*, 2018). Atualmente, um dos parâmetros que prejudicam a qualidade dos lotes são os danos mecânicos, representado por sementes quebradas, partidas ou com microfissuras no tegumento, que ocorrem principalmente durante a colheita e o transporte em elevadores dentro da unidade de beneficiamento (Krzyzanowski *et al.*, 2023).

Dentre os aspectos da qualidade fisiológica das sementes, o vigor é o fator que garante o desempenho produtivo da semente a campo, mesmo em condições adversas, assegurando as taxas e uniformidade da germinação, a emergência e o crescimento de plântulas normais, favorecendo um bom rendimento da cultura (Peske *et al.*, 2019). Sementes de alto vigor são essenciais para a agricultura, pois apresentam maior emergência e adaptabilidade a estresses, como déficit hídrico, devido ao desenvolvimento profundo do sistema radicular (França-Neto *et al.*, 2016, Bagateli *et al.*, 2020b)

A produção de sementes de soja de elevado vigor é um desafio, pois sua qualidade é afetada durante diferentes etapas do seu ciclo de produção. No campo, os danos podem ser causados já durante a formação das sementes por estresses nutricionais, frequentemente associados a danos causados por insetos e por microrganismos. Durante o estágio final de maturação, ocorrem danos por umidade, que são provocados pela exposição da semente a altas amplitudes térmicas, chuvas, neblina e orvalho, resultando em rugas características no tegumento na região oposta ao hilo (França-Neto *et al.*, 2016).

Segundo Vieira *et al.* (2002), sementes com baixo vigor têm sua capacidade de reorganizar suas células e manter a integridade da membrana prejudicada. Isso as torna mais vulneráveis a danos durante o processo de embebição, especialmente quando o tratamento de sementes é feito com maiores volumes de calda, sendo uma das causas para a redução da germinação e emergência (Brzezinski *et al.*, 2017).

Para a manutenção da qualidade sanitária das sementes durante o período de armazenamento e o desenvolvimento inicial das plântulas, o tratamento de sementes (TS) é uma

tecnologia que inibe a proliferação de patógenos e ataque de pragas nas sementes. Além disso, o TS protege as plantas na fase inicial contra possíveis danos causados por fungos e pragas presentes no solo, favorecendo um bom estabelecimento da cultura (Reis *et al.*, 2023).

2.3 Tratamento de sementes

Na cultura da soja, o TS é amplamente difundido e consiste na aplicação de produtos fitossanitários sobre as sementes, podendo incluir fungicidas, inseticidas, nematicidas, micronutrientes, estimulantes, inoculantes e outros (Parisi; Medina, 2013; Abati *et al.* 2020)

O tratamento de sementes pode ser realizado por dois processos diferentes, o tratamento “On-farm”, feito na fazenda, ou o tratamento de sementes industrial (TSI). O “On-farm” acontece sob supervisão do agricultor e/ou com assistência técnica, geralmente utilizando equipamentos de menor capacidade, o que pode resultar em grande variabilidade nos níveis tecnológicos e na qualidade da aplicação (Ludwig *et al.*, 2011; Medeiros *et al.*, 2023) No processo de TSI, as sementes são tratadas por empresas especializadas na linha de processamento, buscando maximizar a eficiência dos produtos para então serem ensacadas e armazenadas até a semeadura (Brzezinski *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2018; Medeiros *et al.*, 2023).

Para otimizar o tratamento de sementes, foi proposta a adição de pó secante à calda, com o objetivo de padronizar e acelerar a secagem dos demais produtos fitossanitários. No entanto, Abati *et al.* (2018), ao estudar os efeitos da aplicação de pó secante no tratamento de sementes, observaram uma redução na velocidade de germinação das sementes tratadas com pó secante adicionado à calda contendo o fungicida carbendazim + thiram e inseticida tiametoxam.

Possíveis efeitos dos produtos fitossanitários sobre a perda da qualidade das sementes durante o armazenamento indicam a necessidade de estudos sobre as combinações de formulações utilizadas nos tratamentos de sementes e seus impactos ao longo do tempo de armazenamento (Brzezinski *et al.*, 2015, Rocha *et al.*, 2020). Estudos apontam reduções na emergência de plântulas originadas de sementes de soja tratadas com o inseticida tiametoxam após os primeiros 30 dias de armazenamento (Dan *et al.*, 2010; Piccini *et al.*, 2013, Carvalho *et al.*, 2020). Por outro lado, Ferreira *et al.* (2016) relataram que o fungicida carbendazim + thiram melhorou a qualidade sanitária das sementes de soja armazenadas por até 60 dias.

No tratamento de sementes de soja, foi observado que moléculas de inseticidas neonicotinoides afetam a germinação e aumentam o número de plântulas anormais, tendo maior fitotoxidez em comparação aos fungicidas. Observou-se também que os danos por embebição

a membrana das sementes, em alguns métodos de análise, aumenta o efeito fitotóxico dos produtos fitossanitários sobre as sementes (Rocha *et al.* 2020).

O uso de diferentes compostos no tratamento industrial de sementes pode resultar em um volume elevado de calda, ocasionando uma perda de qualidade proporcional ao período de armazenamento (Santos *et al.*, 2018). Assim, o monitoramento do tempo de armazenamento das sementes de soja tratadas, sem que ocorra perda de qualidade fisiológica (*Seed Safety*), é de extrema importância (Carvalho *et al.*, 2020).

2.4 Armazenamento de sementes

Após os investimentos realizados no campo e na unidade de beneficiamento para obter sementes com altos padrões de qualidade, o armazenamento em condições de temperatura e umidade recomendada busca preservar essas sementes e retardar o processo natural de envelhecimento, que envolve a perda gradual da integridade de estruturar como a membrana celular. (Baudet, 2012; Stefanello *et al.*, 2015).

Entre os muitos fatores que influenciam a manutenção da qualidade das sementes durante o armazenamento, destacam-se o teor de água das sementes quando armazenadas e a temperatura e umidade relativa do local de armazenamento (Toledo *et al.*, 2009).

Por isso, condições de baixa umidade e temperatura relativa do ar reduzem a atividade respiratória das sementes e retardam seu processo de deterioração (Carvalho e Nakagawa, 2012; Lima *et al.*, 2014; Smaniotto *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2016). Dessa forma, o armazenamento em condições mais controladas, com temperatura abaixo de 20 °C e umidade relativa inferior a 50%, proporciona um aumento no *Seed Safety* do lote de sementes em comparação ao armazenamento em ambiente não controlado, sujeito a maiores temperaturas e umidade (Toni *et al.*, 2024).

Esse cenário incentiva o investimento e desenvolvimento de galpões e armazéns com estruturas e materiais que sejam menos suscetíveis ao clima tropical, característico de regiões produtoras de soja. Além disso, envolve gastos com resfriamento artificial dos armazéns e com procedimentos para reduzir a temperatura do local onde as sementes são armazenadas (Carvalho *et al.*, 2016).

Para garantir a qualidade sanitária das sementes até a semeadura e obter ganho logístico com a pronta entrega de sementes já tratadas, as sementeiras realizam o tratamento de sementes com maior frequência com antecedência em relação a entrega, sendo necessário o armazenamento após o tratamento (Carvalho *et al.*, 2020). Santos *et al.* (2018), Rocha *et al.*

(2020) e Carvalho *et al.*, 2020 relatam que as moléculas de inseticidas causam efeitos fitotóxicos nas sementes, os quais são intensificados com o aumento do tempo de armazenamento, promovendo perdas na qualidade fisiológica das sementes e, portanto, desaconselhando o prolongamento do período de armazenamento de sementes tratadas.

Contudo, diferentes cultivares e ingredientes ativos de produtos fitossanitários interagem e se comportam de maneiras diversas quando submetidas ao armazenamento, variando a velocidade com que ocorre a perda de germinação e vigor, o que destaca a necessidade de mais estudos sobre esse tema.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análise de Sementes (LCPS), Departamento de Agricultura, na Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, Minas Gerais.

3.2 Material

Para a realização do experimento foram utilizadas sementes de soja da cultivar Monsoy 6410. As sementes foram pesadas e separadas em porções de 1 kg para o tratamento posterior. O processo de tratamento foi realizado em uma máquina Momesso Arktos Laboratório L5K, para simulação de tratamento industrial em bateladas, com calibração de 15 hertz por até 30 segundos, divididos em estágios de 10 segundos.

No tratamento industrial foram utilizados cinco produtos sendo eles fungicida (Maxim Advanced® - Metalaxil-M 20 g.L⁻¹ + Tiabendazol 150 g.L⁻¹ + Fludioxonil 25 g.L⁻¹, com dosagem: 100 mL do produto comercial.100 kg⁻¹ de sementes), inseticidas: Cruiser 350 FS® (Tiametoxam 350 g.L⁻¹) com a dosagem de 200 mL do produto comercial.100 kg⁻¹ de sementes e Fortenza® (Ciantraniliprole 600 g.L⁻¹) com dosagem de 60 mL.100 kg⁻¹ de sementes, Polímero (P) Biocroma® vermelho (Densidade 1,10 g.m⁻³) dosagem de 100 mL.100 kg⁻¹, Pó secante (Pó) Biogloss® biogrow 100 g.100 kg⁻¹ de sementes e a Água (A) foi utilizada apenas no tratamento controle para igualar o volume final de calda, em que foi utilizado somente fungicida e polímero. As sementes foram submetidas a processos de tratamento com a estratificação dos produtos em camadas, com aplicações sequenciais e/ou em misturas, organizadas em até três etapas, com duração de 10 segundos cada aplicação (estratificação), conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Estratificação (Est.) dos componentes de calda do tratamento de sementes de soja.

	Tratamentos*			F (mL)	IF (mL)	IC (mL)	P (mL)	Pó (g)	A (mL)	VFC (mL)
	Est.1	Est.2	Est.3							
Controle	F+P	-	-	100	-	-	100	-	260	460
F/IP	F	I+P	-	100	60	200	100	-	-	460
F/IP/Pó	F	I+P	Pó	100	-	-	100	100	-	460
F/P/I	F	P	I	100	60	200	100	-	-	460
FP/I	F+P	I	-	100	60	200	100	-	-	460
FP/I/Pó	F+P	I	Pó	100	60	200	100	100	-	460
FP/Pó/I	F+P	Pó	I	100	60	200	100	100	-	460
I/P/F	I	P	F	100	60	200	100	-	-	460
Mix	F+P+I	I+P	-	100	60	200	100	-	-	460
Mix/Pó	F+P+I	Pó	Pó	100	60	200	100	100	-	460

*Dose produto comercial: mL 100 kg⁻¹ de sementes. F: Fungicidas; I: Inseticida; P: Polímero; Pó: Pó secante; IF: Inseticida Fortenza; IC: Inseticida Cruiser, A: Água, VFC: Volume Final de Calda.

Fonte: do Autor (2024).

3.3 Análises

Após o tratamento, as sementes foram armazenadas em uma incubadora do tipo B.O.D a 20 ± 1 °C. As sementes foram dispostas em sacos de papel multifoliado, com aproximadamente 250g cada, sendo um saco destinado a cada uma das quatro repetições por tratamento. As avaliações da qualidade das sementes foram realizadas a partir de 72 horas após o tratamento (Qualidade inicial - 0 dia) e posteriormente com 45, 90 e 135 dias de armazenamento, por meio dos seguintes testes:

Germinação rolo de papel mais vermiculita (RP+V): foram realizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, dispostas entre duas folhas de papel umedecido. O papel foi umedecido com água destilada em quantidade equivalente a três vezes o peso do papel, com o acréscimo de vermiculita umedecida sobre o papel antes da semeadura. A vermiculita foi distribuída em uma fina camada distribuída uniformemente sobre o papel, Foi utilizado um volume de 100 ml de vermiculita comercial média umedecida por rolo, na proporção de 1:1 (vermiculita/água). Após a semeadura foram confeccionados os rolos e esses mantidos em um germinador regulado à temperatura de 25 ± 2 °C, e a avaliação de plântulas normais foi realizada aos 8 dias após a semeadura (Carvalho *et al.*, 2024).

Emergência de plântulas (EP): O teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, que foram semeadas a 3 cm de profundidade em substrato composto pela mistura de areia e solo (proporção 2:1), colocado em bandejas plásticas. A irrigação foi feita antes da semeadura de forma a atingir 60% da capacidade de campo e, posteriormente, conforme necessário, de forma uniforme. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação à temperatura de 25 ± 2 °C, sob regime alternado de luz e escuro (12 horas). A contagem de emergência de plântulas foi realizada 8 dias após o plantio (Krzyzanowski et al., 2020)

Envelhecimento acelerado em papel (EA): O teste foi realizado utilizando caixas plásticas tipo gerbox, adaptadas com tela de alumínio suspensa. Em cada gerbox, foram adicionados 40 mL de água e uma única camada de sementes distribuídas uniformemente sobre a tela. Após vedar as tampas dos gerbox com papel filme, eles foram mantidos em câmara tipo B.O.D. a 41 ± 1 °C por 48 horas (Marcos-Filho, 2020). Após este período, quatro repetições com 50 sementes cada foram semeadas entre duas folhas de papel sobrepostas, umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o seu peso. Após a distribuição das sementes, os papéis foram enrolados formando rolos e mantidos em um germinador do tipo Mangelsdorf a 25 ± 2 °C. A avaliação de plântulas normais foi realizada 5 dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

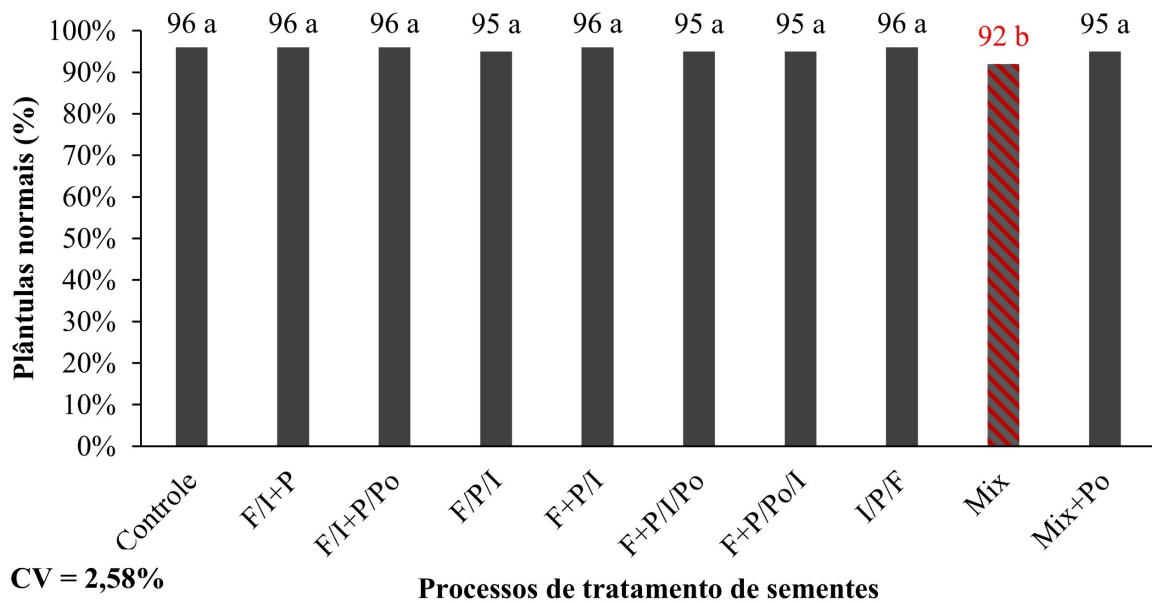
O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 10×4 , que compreendeu 10 processos de tratamentos, envolvendo diferentes sequências de aplicação e 4 épocas de armazenamento. As análises estatísticas foram realizadas por meio da análise de variância, utilizando o software RStudio® (R Core Team, 2022). Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias dos tratamentos para todos os testes foi realizada pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância não houve interação significativa entre os processos de tratamento e os períodos de armazenamento para todas as variáveis, mas houve efeito simples dos fatores em todas as variáveis.

De acordo com os resultados para a RP+V, observou-se uma redução na porcentagem de germinação das sementes em vermiculita para o tratamento Mix, com uma diminuição de 4 pontos percentuais (p.p.) que o controle (Figura 1). Todavia, todos os tratamentos ficaram acima dos padrões exigidos para comercialização de sementes de soja no Brasil, que requer uma germinação igual ou superior a 80% (BRASIL, 2013).

Figura 1 - Plântulas normais (%) pelo teste de germinação + vermiculita aos 8 dias de sementes de soja submetidas a diferentes procedimentos industriais de tratamento de sementes.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

A redução no impacto da fitotoxidez observada no uso desses produtos químicos na germinação das sementes ao longo do armazenamento pode estar associada à adição da vermiculita no teste, que serve como substrato entre os papéis, aumentando a quantidade de substrato e diluindo a concentração do produto fitossanitário. Isso se aproxima de maneira mais fiel das condições em campo, onde o solo desempenha essa função. A adsorção dos ingredientes ativos do inseticida junto à vermiculita permite uma absorção e/ou penetração dos produtos fitotóxicos de forma mais controlada, podendo auxiliar na expressão da real qualidade fisiológica das sementes tratadas e minimizar possíveis anormalidades em plântulas ocasionadas em teste de germinação por altas concentrações de ingredientes ativos (Rocha *et al.*, 2020; Carvalho *et al.*, 2024).

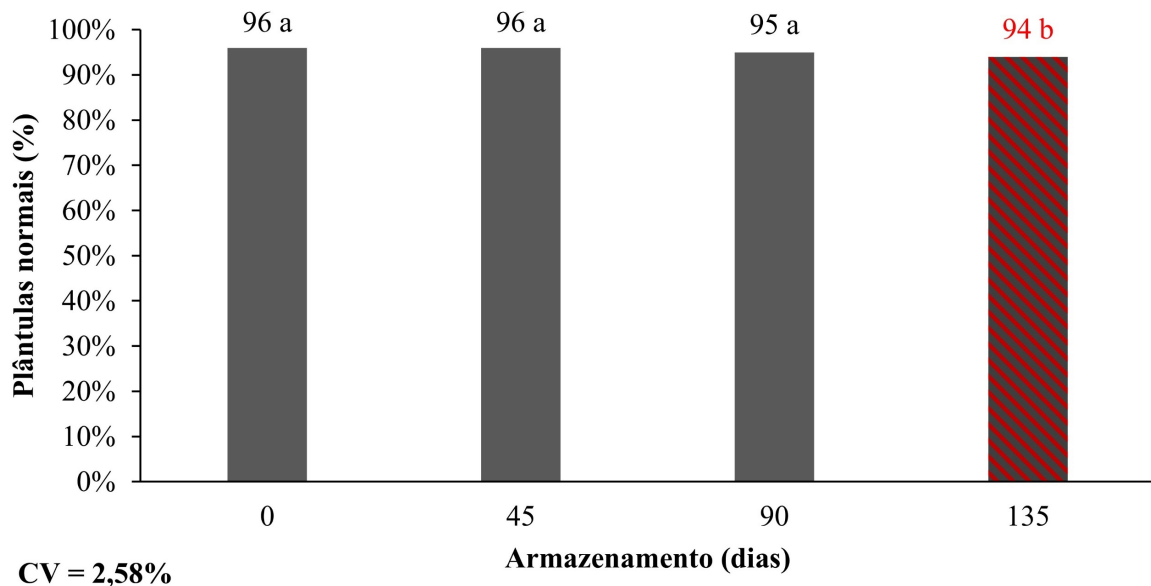
Quando avaliados os efeitos da segregação do fungicida, polímero, inseticidas e pó secante em camadas (Figura 1), independentemente da ordem, obteve-se uma germinação próxima ao controle e acima do tratamento Mix, no qual não houve nenhuma separação entre esses produtos, ao contrário do que foi observado por Medeiros (2024) com a cultura do milho. As sementes que tiveram seu processo escalonado em estágios foram expostas a um baixo volume de calda durante cada etapa. Mesmo no tratamento em que o inseticida teve contato direto com a semente, a calda não ultrapassou $260 \text{ mL} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$, o que pode ter facilitado a secagem até o tratamento do estágio seguinte. Em contrapartida, no tratamento Mix, a aplicação foi simultânea, utilizando um volume total de calda maior já no primeiro estágio. Santos *et al.*

(2018) e Abati *et al.* (2020) avaliaram o volume de calda no tratamento de sementes e concluíram que o aumento do volume prejudica a qualidade fisiológica da semente ao longo do armazenamento.

A baixa intensidade dos efeitos fitotóxicos do tiametoxam em sementes de soja pode estar associado a uma característica mais tolerantes da cultivar Monsoy 6410. Como observado por Ferreira *et al.* (2016), tratamentos com diferentes combinações de fungicida e inseticida, após 60 dias de armazenamento, tiveram seu impacto na qualidade da semente influenciado pela cultivar estudada.

Com o avanço do armazenamento, houve uma sutil redução na germinação das sementes tratadas para 94% após 135 dias (Figura 2), o que demonstra a alta qualidade fisiológica das sementes da cultivar selecionada e o impacto positivo que o armazenamento em ambiente com temperatura controlada a 20 °C teve para reduzir a deterioração e envelhecimento natural da semente (França-Neto *et al.*, 2010; Smaniotto *et al.*, 2014), mantendo alta germinação mesmo após 135 dias.

Figura 2 - Plântulas normais pelo teste de germinação + vermiculita (%) aos 8 dias de sementes de soja após diferentes épocas de armazenamento.



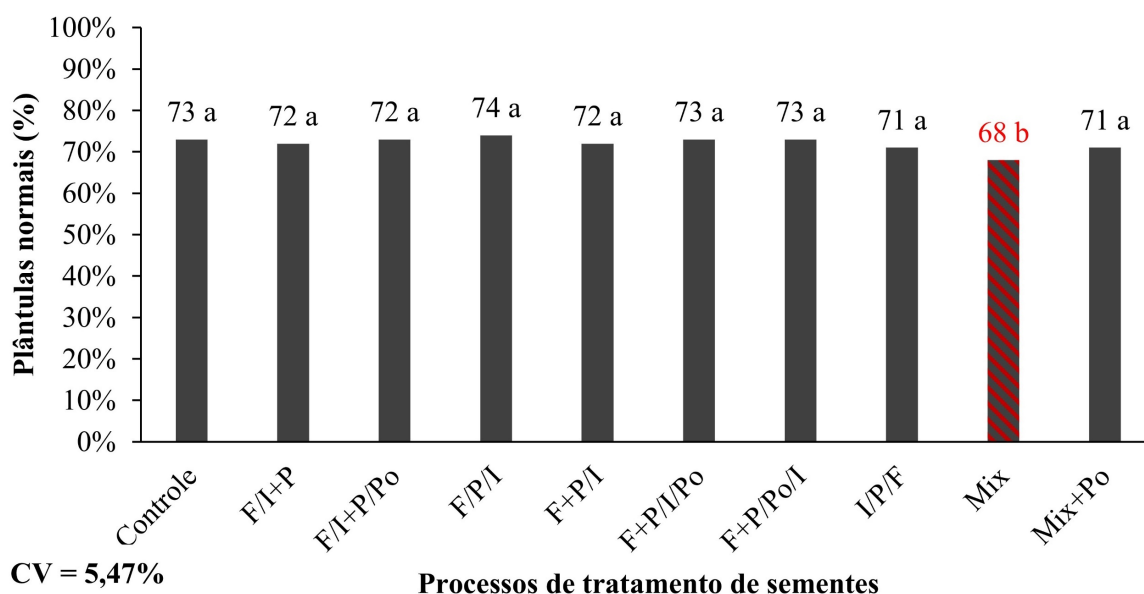
*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Santos *et al.* (2018), ao estudarem a influência de diferentes volumes de calda e seus componentes em sementes de soja armazenadas em câmara fria, com temperatura e umidade controlada em 11,5°C e 54% respectivamente, observaram que mesmo as sementes tratadas com o volume de calda de 1200 mL.100kg⁻¹ de semente, independentemente do uso de produto químico, mantiveram seu alto vigor mesmo após 150 dias de armazenamento. Tais resultados

corroboram o observado neste estudo. Isso reforça a ideia de que os efeitos adversos das misturas para revestimento de sementes são resultado da interação de diversos elementos, não apenas dos componentes ativos, mas também do tempo, das condições de armazenamento e do volume total da calda que reveste a semente (Pereira *et al.*, 2018).

No teste de envelhecimento acelerado em papel (Figura 3), observou-se uma queda no vigor em todos os tratamentos realizados. Contudo, os processos não se diferenciaram estatisticamente, exceto pelo Mix, que teve a menor germinação, com 68%, evidenciando o impacto do volume de calda na longevidade da qualidade das sementes, mesmo quando armazenadas em condições ideais. (Abati *et al.*, 2020). No entanto, quando o pó secante é adicionado a um tratamento com maior volume de calda, ele acelera o processo de secagem e reduz os possíveis danos causados (Carvalho, 2023), sendo uma alternativa viável quando a repartição do tratamento não for possível.

Figura 3 - Plântulas normais por meio do envelhecimento acelerado em papel, contagem aos 5 dias de sementes de soja submetidas a diferentes procedimentos industriais de tratamento de sementes.

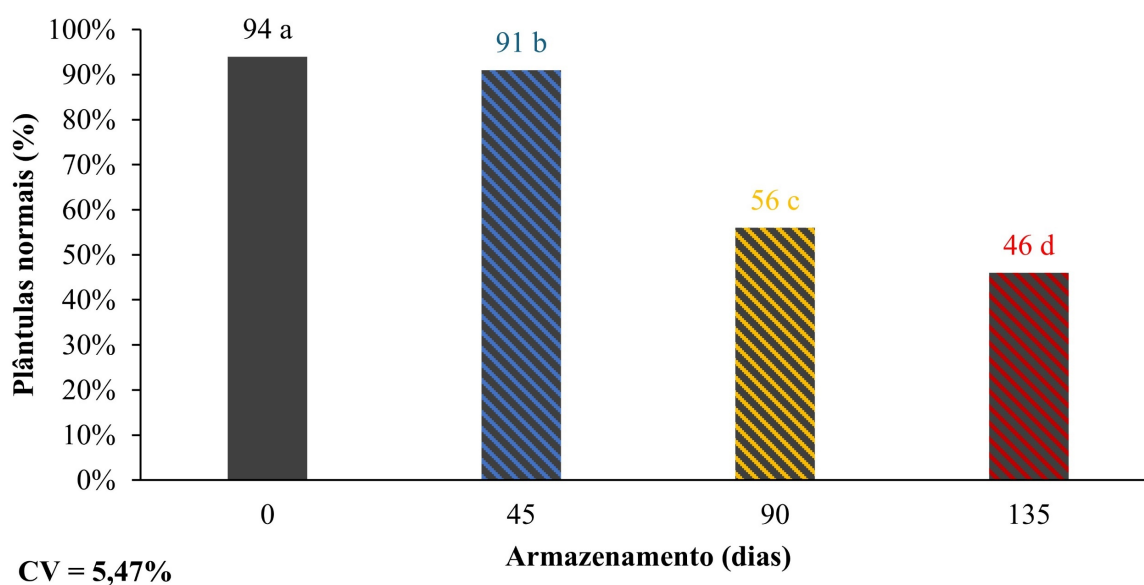


*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Ao analisar os períodos de armazenamento (Figura 4), o estresse simulado por esse teste acelerou o processo de deterioração das sementes, com uma redução sutil até 45 dias, que se intensificou, resultando em plântulas normais abaixo de 60% após 90 dias de armazenamento. Resultados semelhantes foram observados por Pereira *et al.* (2018), que concluíram que sementes submetidas ao tratamento industrial exibem uma redução mais intensa da germinação ao longo do armazenamento pelo teste de envelhecimento acelerado.

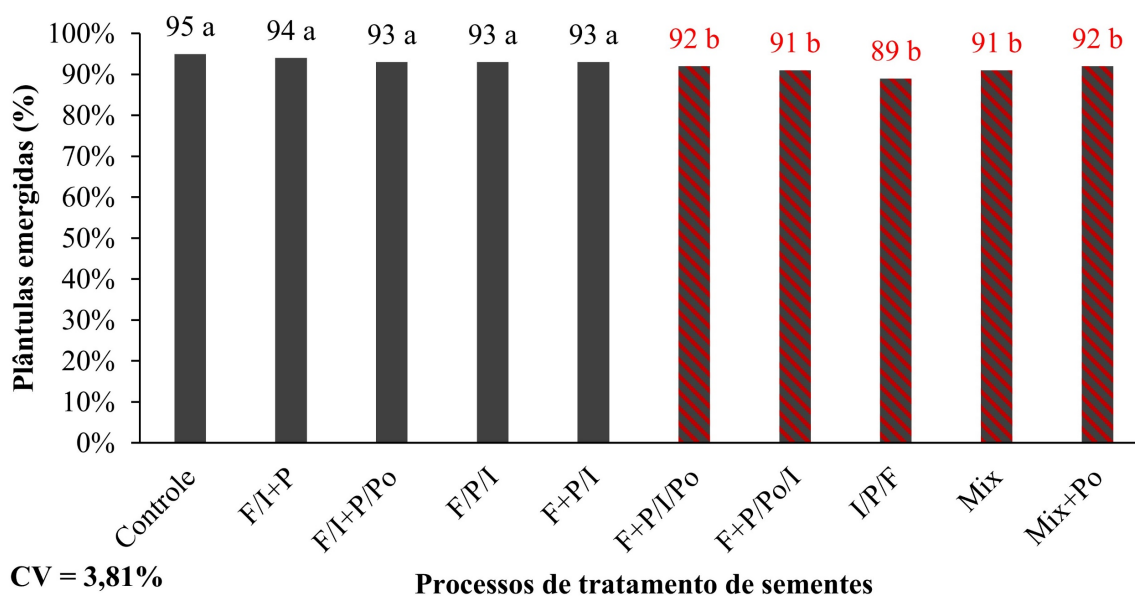
No teste de emergência (Figura 5), nota-se que além do volume de calda no tratamento do mix, a quantidade de componentes também pode ter influenciado negativamente a emergência das plântulas. Com exceção do tratamento F/I+P/Pó, os tratamentos que contaram com quatro componentes em sua calda exibiram resultados inferiores aos demais. Rocha *et al.* (2020) também observou resultados semelhantes ao analisar a combinação de diferentes produtos no tratamento de sementes.

Figura 4 – Plântulas normais por meio do envelhecimento acelerado contagem aos 5 dias de sementes de soja tratadas após diferentes épocas de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

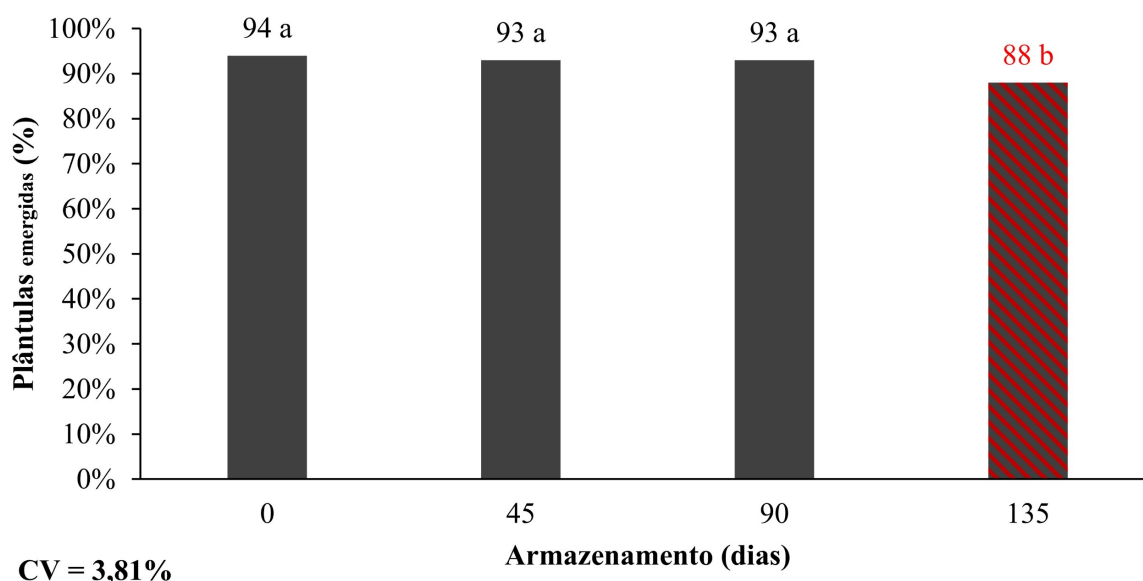
Figura 5 - Teste de emergência de plântulas de sementes de soja submetidas a diferentes procedimentos industriais de tratamento de sementes.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Ao verificar o armazenamento (Figura 6), observa-se que não houve diferença significativa mesmo após 90 dias do tratamento, com o valor de 93% de emergência, representando uma redução de 1 p.p. em relação à primeira avaliação. No entanto, aos 135 dias de armazenamento, a redução foi mais acentuada, demonstrando que, mesmo em condições controladas, o prolongamento do período de armazenamento de sementes tratadas favorece a redução do vigor da semente.

Figura 6 - Emergência de plântulas de sementes de soja tratadas após diferentes épocas de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Os processos por meio da estratificação, foram os que proporcionaram maior manutenção da viabilidade e vigor das sementes por um maior período de armazenamento, ao reduzirem o impacto do volume de calda na qualidade fisiológica. Somado ao armazenamento em temperaturas controlada, foi possível observar que as sementes permaneceram com alta qualidade até 90 dias após o tratamento.

O aumento do período em que as sementes podem ser armazenadas (*Seed Safety*) proporciona um ganho logístico e uma maior flexibilidade para as empresas que produzem e comercializam as sementes, um insumo de extrema importância no agronegócio. Além disso, o processo de estratificação pode ser uma solução para a redução do volume de calda em um contexto de aumento na utilização de diferentes compostos nas receitas de tratamento de sementes e aumento nas doses de produtos fitossanitários para manter a eficiência do controle. Contudo, novos trabalhos são necessários para avaliar os impactos desse processo, utilizando outras cultivares, diferentes temperaturas de armazenamento e receitas de tratamento empregadas na indústria, que não foram abordadas neste trabalho.

5 CONCLUSÃO

A estratificação do processo de tratamento em camadas sequenciais tem potencial para amenizar os efeitos fitotóxicos ao longo do armazenamento.

Quando o armazenamento é realizado em condições controladas e a sementes apresenta alta qualidade inicial, é seguro armazenar as sementes tratadas com esses produtos por um período inferior a 90 dias.

REFERÊNCIAS

- ABATI, J. *et al.* Physiological potential of soybean seeds treated in the industry with and without the application of dry powder. **Journal of Seed Science**, v. 40, p. 179-184, 2018.
- ABATI, J. *et al.* Physiological response of soybean seeds to spray volumes of industrial chemical treatment and storage in different environments. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042002, 2020.
- BAGATELI, J. R. *et al.* Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 151-159, 2019.
- BAGATELI, J. R. *et al.* Vigor de sementes e densidade populacional: reflexos na morfologia de plantas e produtividade da soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 38686-38718, 2020.
- BAUDET, L. M. L; VILELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D.A.; ROTA, G.R.M. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003. Cap.7, p.369-418.
- BIANCHI, M. C. *et al.* Soybean seed size: how does it affect crop development and physiological seed quality. **Journal of Seed Science**, v. 44, p. e202244010, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Épocas de tratamento de sementes no estabelecimento e desempenho produtivo da cultura da soja. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 147-153, 2015.
- BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, p. 174-181, 2017.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. *et al.* Teores de óleo e proteína em genótipos de soja em diferentes situações de manejo. **Passo Fundo**, 2021.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Resfriamento pré-embalagem e tipos de embalagens na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. **Journal of Seed Science**, v.38, n.2, p.129-139, 2016.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Fitotoxicidade em sementes de soja tratadas com fitossanitários em diferentes épocas de aplicação. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

CARVALHO, E. R. *et al.* Soil water restriction and performance of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 59-66, 2021.

CARVALHO, Larissa de Fátima. Doses de pó secante em diferentes volumes de calda e a qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas. 2023. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2023.

CARVALHO, E. R. *et al.* Validation of the methodology of the germination test using a rolled paper plus vermiculite for treated soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 46, p. e202446020, 2024.

Companhia Nacional De Abastecimento - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, safra 2023/2024, 12º levantamento. Companhia Nacional de abastecimento, v. 11, n. 12, p.85-89, 2024.

DAN, L. G. D. M. *et al.* Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 215-222, 2011.

FERREIRA, T. F. *et al.* Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 04, p. 278-286, 2016.

FRANÇA-NETO, J. B. *et al.* Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. 2016.

FREITAS, Márcio. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

HARTMANN-FILHO, C. P. *et al.* Temperaturas de secagem e armazenamento de sementes no crescimento de plântulas de soja. **Journal of Seed Science**, v. 38, p. 287-295, 2016..

HUANG, M. *et al.* Review of seed quality and safety tests using optical sensing technologies. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 337-366, 2015.

KOLCHINSKI, E. M; SCHUCH, L.O.B; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 2, 2006.

KRZYZANOWSKI, F.C; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A.A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular técnica**, v. 136, n. 1, 2018.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. **Vigor de sementes: conceitos e testes**, p. 601: il, 2020.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* Ocorrência de danos mecânicos em grãos de soja produzidos no Brasil. 2023.

LUDWIG, M. P. *et al.* Eficiência do recobrimento de sementes de soja em equipamento com sistema de aspersão. **Ciência Rural**, v. 41, p. 557-563, 2011.

LUDWIG, V. Taxa de utilização de sementes de soja pelos associados em cooperativa. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

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

MEDEIROS, J. C. *et al.* Quality of corn seed industrial seed treatment (IST) and “On-farm” treatment (OFT) in Brazilian agribusiness. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345017, 2023.

MEDEIROS, J. C. development of technologies for maintenance of physiological quality of treated corn seeds and their impact on storage, establishment and yield. 2024. 114 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2024.

PARISI, J. J. D; MEDINA, P.F. Tratamento de sementes. **Instituto Agrônomo de Campinas**, p. 26-30, 2013.

PEREIRA, L. C. *et al.* Physiological potential of soybean seeds over storage after industrial treatment. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3, p. 272-280, 2018.

PESKE, S. T.; Barros, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. Produção de Sementes 2019. Produção de sementes, In Silmar Teichert Peske; Francisco Amaral Villela; Geri Eduardo

PICCININ, G. G. *et al.* Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013.

REIS, L. V. *et al.* Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, p. e013622, 2023.

ROCHA, D. K. *et al.* O substrato afeta a avaliação da germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários? **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e020119, 2020.

ROCHA, D. K. Tratamento químico de sementes de soja: processos e tecnologias de aplicação e as relações com assertividade de dose e qualidade das sementes/ Debora Kelli Rocha. - Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023

SANTOS, S. F. *et al.* Constituições e volumes de calda no tratamento industrial de sementes de soja e a qualidade fisiológica durante o armazenamento. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 67-74, 2018.

SILVA, P. D. A. *et al.* Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 15-22, 2007.

SMANIOTTO, T. A. D. S. *et al.* Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 446-453, 2014.

VIEIRA, R. D. *et al.* Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 1333-1338, 2002.

TONI, J. R. *et al.* Quality assessment of soybean seeds submitted to industrial seed treatment and stored in a natural and controlled environment. **Journal of Stored Products Research**, v. 108, p. 102372, 2024.