



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**ANA LAURA COSTA SANTOS**

**ANÁLISE DE IMAGENS E FITOTOXIDEZ EM PLÂNTULAS DE SOJA  
ADVINDAS DE SEMENTES TRATADAS E ARMAZENADAS DE  
DIFERENTES ZONAS DE MANEJO**

**UBERLÂNDIA – MG**

**2024**

**ANA LAURA COSTA SANTOS**

**ANÁLISE DE IMAGENS E FITOTOXIDEZ EM PLÂNTULAS DE SOJA  
ADVINDAS DE SEMENTES TRATADAS E ARMAZENADAS DE  
DIFERENTES ZONAS DE MANEJO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Agronomia, da Universidade Federal  
de Uberlândia, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Cesar R. M. Catão

**UBERLÂNDIA – MG**

**2024**

**ANA LAURA COSTA SANTOS**

**ANÁLISE DE IMAGENS E FITOTOXIDEZ EM PLÂNTULAS DE SOJA  
ADVINDAS DE SEMENTES TRATADAS E ARMAZENADAS DE  
DIFERENTES ZONAS DE MANEJO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Agronomia, da Universidade Federal  
de Uberlândia, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Uberlândia – MG, 26 de abril de 2024

Banca de avaliação:

---

Prof. Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão  
Orientador

---

Eng. Agrônoma Brenda Santos Pontes  
Membro da Banca

---

Eng. Agrônoma Caroline Salles de Miranda Motta  
Membro da Banca

## RESUMO

A soja é a principal *commodity* agrícola brasileira. Para garantir altas produtividades, o uso de sementes de alta qualidade fisiológica é imprescindível. O uso de tecnologias e ferramentas para o manejo dos campos de produção é de suma importância. A agricultura de precisão surge como aliada à produção de sementes, ao considerar as heterogeneidades existentes nas áreas e adequando o manejo. Outro fator de importância é o tratamento industrial de sementes, que garante proteção inicial contra agentes bióticos. Entretanto, o armazenamento de sementes tratadas quimicamente carece de atenção, haja vista que pode ocorrer efeito fitotóxico. A avaliação da qualidade de sementes de soja pode ser realizada de forma automática a partir da análise de imagens no software Vigor-S. Dessa forma, o trabalho teve por objetivo realizar a avaliação do vigor por meio da técnica de análise de imagens de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo e submetidas ao tratamento químico e armazenamento. Inicialmente foram caracterizadas as zonas de manejo e as sementes foram produzidas na fazenda experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia. As sementes foram conduzidas ao laboratório de sementes (LASEM) para caracterização inicial da qualidade a partir dos testes de determinação do grau de umidade, germinação, germinação em rolo de papel + vermiculita, emergência em casa de vegetação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e deterioração controlada. As sementes foram tratadas com fungicida e diferentes inseticidas e armazenadas. Nos períodos de armazenamento 0, 45, 90, 135 e 180 dias foram realizadas a determinação do teor de água e a avaliação do comprimento de plântulas por meio do software Vigor-S. Na caracterização inicial a umidade das sementes de cada tratamento não variou mais que 1%, garantindo confiabilidade ao experimento. No teste de germinação foi observado o efeito de agentes fitopatogênicos que promoveram menor germinação ao tratamento controle. Nas avaliações de comprimento, uniformidade, crescimento e vigor foi notório efeitos fitotóxicos dos tratamentos nos tempos 90 e 180, no qual o tratamento controle obteve resultados superiores comparado aos outros tratamentos, para as duas zonas de manejo. A análise de imagens é eficiente para a avaliação do vigor e detecção de fitotoxidez em sementes tratadas e armazenadas. Além disso, no decorrer do armazenamento ocorreu fitotoxidez dos tratamentos de sementes em ambas as zonas de manejo.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill; agricultura de precisão; imagem digital; tratamento de sementes; toxicidade.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### TABELAS

- Tabela 1.** Número de tratamentos (N), ingredientes ativos (IA), produtos comerciais (PC), tipo, dose do produto comercial (Pc<sup>2</sup>), dose de Maxim XL<sup>3</sup>, dose de polímero (Pol<sup>4</sup>), dose de água<sup>5</sup> e pó secante (Psc<sup>6</sup>) para o tratamento de sementes de soja ..... 11
- Tabela 2.** Germinação (%), Germinação em rolo de papel + Vermiculita (RPV) (%) e Emergência (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento ..... 15
- Tabela 3.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ), envelhecimento acelerado (%) e emergência em canteiro (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento ..... 16
- Tabela 4.** Medidas de comprimento do hipocótilo (cm), comprimento da radícula (cm) e comprimento médio (cm) obtidas de forma automática de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento ..... 19
- Tabela 5.** Germinação automática (%) e Índice de Uniformidade de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento ..... 22
- Tabela 6.** Índice de crescimento e índice de vigor automático de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento ..... 23

### FIGURAS

- Figura 1.** Localização da área experimental do campo de sementes de soja e malha de 48 pontos amostrais na safra 22/23 ..... 09
- Figura 2.** Precipitação pluviométrica (mm), temperaturas (°C) máximas e mínimas correspondentes ao intervalo da semeadura em 28/10/2022 à colheita em 27/02/2023, durante o período de produção das sementes de soja utilizadas no experimento ..... 10
- Figura 3.** Área experimental e mapa de zonas homogêneas para área experimental com destaque para as zonas de alto potencial (verde) e baixo potencial (vermelho) ..... 10
- Figura 4.** Grau de umidade (%) de sementes de soja produzidas em zonas de alto e baixo manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3); Ciantraniliprole (4); Controle (5) ..... 18

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>07</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>09</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) se expandiu no Brasil a partir da década de 1960 e, com contínuos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, tornou-se atualmente a principal *commodity* agrícola brasileira (Embrapa Soja, 2023). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2023) o Brasil produziu mais de 150 milhões de toneladas de soja na safra de 2022/23.

Uma série de fatores são determinantes para a manutenção e elevação dos valores de produtividade das lavouras de soja no Brasil, sobretudo a aquisição de sementes com comprovada qualidade. As sementes apresentam atributos de qualidade genética, física, fisiológica e sanitária que garantem o elevado desempenho agrônômico e culminam no estabelecimento da população de plantas requerida, proporcionando altas produtividades (Krzyzanowski *et al.*, 2018).

Visando a obtenção de sementes de qualidade, os campos de produção demandam práticas de manejo que façam um uso eficaz dos recursos produtivos. Dessa forma, a agricultura de precisão apresenta-se como uma ferramenta tecnológica que proporciona um melhor gerenciamento do manejo ao conhecer as informações da variabilidade espacial e temporal de atributos do solo, da cultura, da topografia e produtividade, associando-os a sua localização e expressando-os a partir da geração de mapas (Seelan *et al.* 2003; Reis, 2005).

Na agricultura de precisão é considerado as heterogeneidades presentes na lavoura e, a partir disso, o campo é fracionado em partes homogêneas denominadas de zonas de manejo, que são subáreas com a mesma tendência de resposta de produtividade (Milani *et al.*, 2006). Isso possibilita a obtenção de maiores potenciais produtivos de sementes, garantindo maior lucratividade (Tey; Brindal, 2012). Entretanto, apesar de ocorrer o aumento produtivo pelo uso de tal ferramenta, é preciso considerar que, em função das diferentes zonas de manejo, ocorra variabilidade na qualidade das sementes de soja.

Outra importante ferramenta para melhorar o desempenho de sementes de soja no campo é o tratamento industrial, que permite maior proteção contra agentes bióticos (Santos *et al.* 2020). Esse processo ocorre antes da semeadura e envolve técnicas na aplicação de produtos químicos ou biológicos para garantir um controle sanitário nos estágios iniciais de desenvolvimento das plântulas (Cantarelli *et al.*, 2015).

Há no mercado diversos produtos para serem aplicados nas sementes, além de combinações de inseticidas, fungicidas, polímeros e pó secante. Entretanto, algumas

combinações de produtos podem causar fitotoxidez, ocasionando redução de germinação e vigor, prejudicando o estabelecimento do estande de plantas (Alves et. Al., 2017).

Além disso, é preciso considerar também que, devido a questões logísticas e técnicas, o tratamento industrial das sementes ocorre antes de serem embaladas, com posterior armazenamento até o momento da semeadura. O armazenamento de sementes tratadas pode resultar em efeitos prejudiciais, ocasionando reduções na germinação, vigor e no potencial de armazenamento (Carvalho *et al.*, 2020). Dessa forma, é relevante avaliar quanto tempo as sementes de soja podem permanecer com tratamento sem ter sua qualidade fisiológica comprometida.

O potencial fisiológico das sementes é avaliado a partir de testes de germinação e vigor, sendo um componente fundamental do controle de qualidade. O teste de germinação permite avaliar a habilidade de um lote de sementes produzir plântulas normais sob condições adequadas (Brasil, 2009). Por outro lado, os testes de vigor estimam o desempenho de lotes de semente sob variações do ambiente durante o armazenamento (Marcos-Filho, 2015).

Com os testes de vigor é possível distinguir pequenas variações nos estágios de deterioração de lotes de sementes com germinação semelhante (Marcos-Filho, 2015). Vários testes são recomendados para a avaliação do vigor, tais como o de envelhecimento acelerado, tetrazólio, condutividade elétrica e crescimento de plântulas (Vieira, *et al.*, 2003).

A determinação do comprimento de plântulas pode ser conduzida de forma manual, realizando medições utilizando-se régua milimetrada. Entretanto, esse procedimento requer um tempo excessivo do analista, podendo ainda ter resultados imprecisos. A avaliação manual gera resultados com variações entre analistas e laboratórios, dificultando a padronização do teste. Assim, a análise automatizada de imagens foi desenvolvida como uma alternativa para minimizar as limitações e dificuldades da padronização do teste de comprimento de plântulas, acelerando o processo e obtendo resultados mais precisos (Marcos-Filho, 2015).

A avaliação automatizada do vigor de sementes de soja pode ser realizada a partir do software Vigor-S, relatado por Silva e Gomes Júnior (2014). Esse sistema foi desenvolvido em conjunto pela Embrapa Instrumentação e pela Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP/ESALQ). O software permite determinar o índice de vigor e o comprimento de plântulas de soja com rapidez e

precisão. Assim, é capaz de eliminar possíveis erros cometidos por humanos, trazendo maior confiabilidade ao teste.

Considerando os aspectos expostos acima, o objetivo do presente trabalho foi utilizar a análise de imagens por meio do software Vigor-S para a avaliação do vigor de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo, submetidas ao tratamento químico e armazenamento.

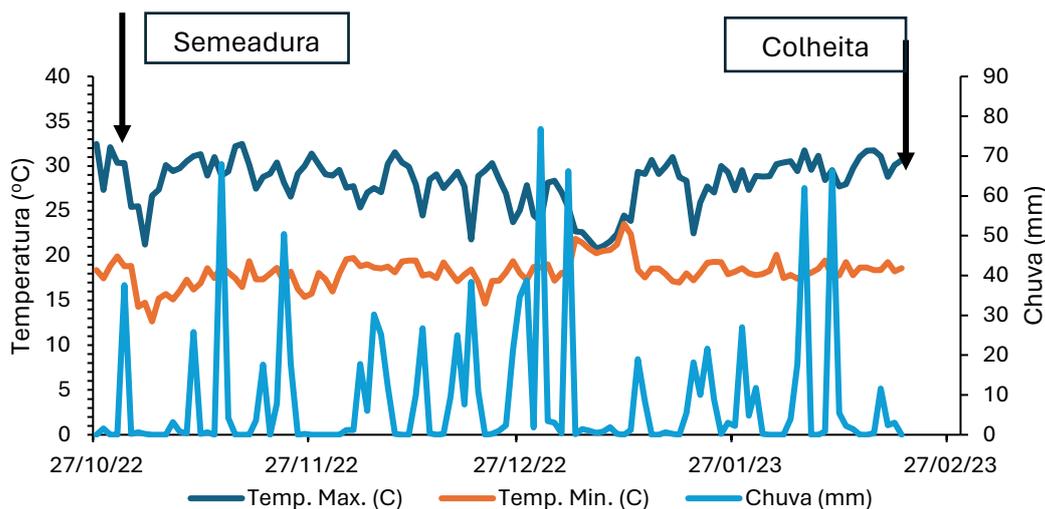
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A produção de sementes de soja da cultivar 75HO111 CI IPRO (nome fantasia: HO APORÉ IPRO) foi conduzida na fazenda experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, campus Uberlândia, MG, ( $18^{\circ}57'15.6''S$   $48^{\circ}11'57.4''O$ , 920 m altitude), em área de 48 ha (Figura 1).



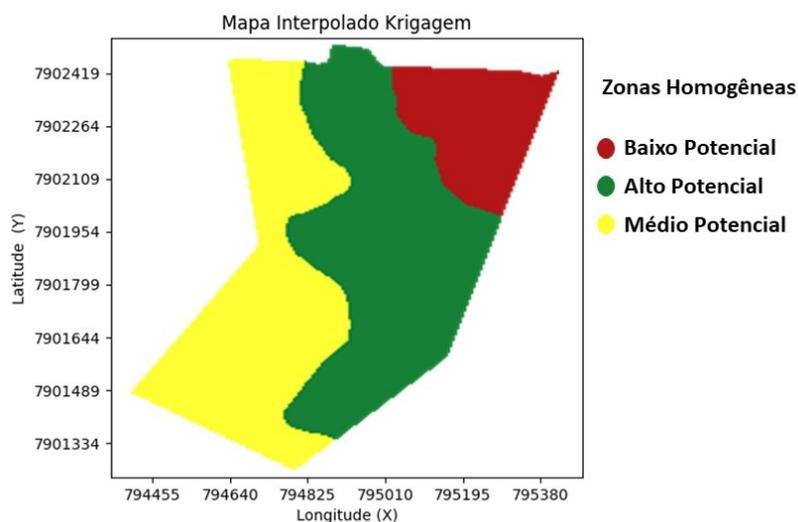
**Figura 1.** Localização da área experimental do campo de sementes de soja e malha de 48 pontos amostrais na safra 22/23.

Na região predomina clima do tipo Aw-tropical, caracterizado por verão quente e úmido e inverno majoritariamente seco (Köppen-Geiger, 1948). A média anual de pluviosidade é contabilizada em torno de 1.500 mm, com solo tipo Latossolo Vermelho Escuro distrófico. O histórico da área remete a semeadura direta em solo coberto com palhada, sob sequeiro. Durante a produção das sementes foram monitoradas as condições do ambiente, por meio da precipitação pluviométrica (mm), temperaturas ( $^{\circ}C$ ) máximas e mínimas (Figura 2).



**Figura 2.** Precipitação pluviométrica (mm), temperaturas (°C) máximas e mínimas correspondentes ao intervalo da sementeira em 28/10/2022 à colheita em 27/02/2023, durante o período de produção das sementes de soja utilizadas no experimento.

Utilizando-se o programa Qgis (Qgis Development Team, 2015), previamente à sementeira, foi delimitada regularmente, aleatoriamente e sistematicamente a malha amostral com 48 pontos, sendo a densidade amostral de 1 ponto por hectare (Figura 1). O reconhecimento dos pontos amostrais foi realizado por meio do sistema de navegação GPS Garmin E-trex Vista®. Os atributos analisados para a definição das zonas foram a classificação textural (areia e argila), condutividade elétrica do solo, matéria orgânica do solo, CTC total, P-melich, e resistência a penetração, estande inicial e produtividade de sementes de soja. Com auxílio do plugin Smart Map - SMP, em ambiente Qgis (Qgis Development Team, 2015) foram definidas as zonas de manejo, conforme a Figura 3.



**Figura 3.** Área experimental e mapa de zonas homogêneas para área experimental com destaque para as zonas de alto potencial (verde) e baixo potencial (vermelho).

As sementes de soja produzidas nas diferentes zonas de manejo foram conduzidas ao Laboratório de Sementes (LASEM) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, campus Umuarama – Bloco 4C, Minas Gerais, Brasil (18°53'06.1"S 48°15'36.5"O).

Inicialmente as sementes provenientes das zonas de manejo de alto e baixo potencial foram beneficiadas e na sequência homogeneizadas em homogeneizador tipo Johnes com 18 canais. Após este processo, as sementes passaram pela retenção de peneira, utilizando-se o conjunto de 5 peneiras de diâmetro 7.0, 6.5, 6.0, 5.5, e 5.0 mm. Cada amostra foi agitada por um período médio de um minuto, selecionando-se as sementes retidas na peneira 6.0 mm.

As sementes foram pesadas e separadas em porções de 2,0 quilogramas para posterior tratamento. O processo de tratamento foi efetuado em máquina Momesso Arktos Laboratório L2K, para simulação do tratamento industrial em bateladas. Sementes das duas zonas de manejo, de todos os tratamentos experimentais, foram tratadas com a receita Maxim XL<sup>®</sup> (Metalaxil-M + Fludioxonil: 100 ml/100 kg sementes) com a adição de uma molécula inseticida, conforme Tabela 1. Além da adição dos tratamentos fungicida e inseticidas, houve a adição de polímero (ColorSeed HE<sup>®</sup> Intense: 100 ml/100 kg sementes) e Pó secante (PolyDry BR 100<sup>®</sup>: 100 g/100 kg sementes). O volume da calda foi padronizado em 600 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes. A dosagem utilizada preparada para a calda seguiu as orientações contidas nas bulas, acrescida de água destilada na quantidade equivalente para complementar o volume especificado.

**Tabela 1.** Número de tratamentos (N), ingredientes ativos (IA), produtos comerciais (PC), tipo, dose do produto comercial (Pc<sup>2</sup>), dose de Maxim XL<sup>3</sup>, dose de polímero (Pol<sup>4</sup>), dose de água<sup>5</sup> e pó secante (Psc<sup>6</sup>) para o tratamento de sementes de soja.

N	IA	PC	Tipo <sup>1</sup>	Dosagem				
				Pc <sup>2</sup>	Maxim XL <sup>3</sup>	Pol <sup>4</sup>	Água <sup>5</sup>	Psc <sup>6</sup>
1	Thiametoxam	Cruiser 350 FS	I	300	100	100	100	100
2	Imidacloprid + Thiodicarb	CropStar	I+I	300	100	100	100	100
3	Clorantraniliprole	Dermacor	I	100	100	100	300	100
4	Ciantraniliprole	Fortenza 600 FS	I	200	100	100	200	100
5	Controle	-	-	-	-	100	500	100

Tipo<sup>1</sup>: I: Inseticida; Pc<sup>2</sup>: mL.100kg<sup>-1</sup>; Maxim XL<sup>3</sup>: mL.100kg<sup>-1</sup>; Psc<sup>4</sup>: g.100kg<sup>-1</sup>; Pol<sup>5</sup>: mL.100kg<sup>-1</sup>; Água<sup>6</sup>: mL.100kg<sup>-1</sup>; Volume de calda: 600 mL.100kg<sup>-1</sup> de sementes.

Após o tratamento as sementes permaneceram em ambiente de laboratório durante 48 horas para a secagem e aderência dos produtos. Em seguida, foi realizada a caracterização inicial da qualidade das sementes por meio dos testes:

*Determinação do grau de umidade:* avaliado pelo método de estufa a 105 °C ( $\pm 3$  °C) durante 24 horas, utilizando 2 repetições de sementes com  $4,5 \pm 0,5$  gramas, conforme orientações contidas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

*Germinação:* as sementes foram distribuídas uniformemente entre duas folhas de papel para germinação, com volume de água destilada ajustado para embebição na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, produziu-se 4 rolos de papel contendo 50 sementes cada, totalizando 200 sementes por tratamento. Os rolos contendo as sementes foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos em câmara do tipo B.O.D. à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação de plântulas normais foi realizada no oitavo dia (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

*Germinação em rolo de papel + vermiculita:* as sementes foram distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel para germinação, com volume de água destilada ajustado para embebição na quantidade de 3,0 vezes o peso do papel seco. Em seguida, verteu-se uniformemente 100 mL de vermiculita comercial fina e úmida (1:1 água/vermiculita) sobre as sementes e o papel e então cobertas com folha de papel e confeccionados 4 rolos de papel contendo 50 sementes cada (Rocha *et al*, 2020). Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos em câmara do tipo B.O.D. à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação foi realizada no oitavo dia após a semeadura (Brasil, 2009). Foram avaliadas as plântulas normais sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

*Emergência em casa de vegetação:* foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes as quais foram submetidas ao teste de emergência, em substrato areia, conduzidas em bandejas plásticas. Às sementes foram dispostas uniformemente e semeadas a uma profundidade de 3 centímetros. As caixas foram acondicionadas em casa de vegetação a temperatura ambiente, com irrigações diárias (matutino e vespertino) com aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água. A avaliação foi realizada no décimo dia após a semeadura, sendo avaliada as plântulas normais e os resultados expressos em porcentagem (%).

*Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ):* o vigor das sementes foi avaliado indiretamente por meio da determinação da quantidade de solutos lixiviados na solução de embebição (Vieira; Marcos-Filho, 2020). Quatro repetições de 50 sementes foram colocadas em copos plásticos descartáveis (capacidade de 200 ml), sendo as amostras previamente pesadas em balança de precisão (0,001 g). Posteriormente, foi adicionado 75 ml de água deionizada nos copos plásticos contendo as sementes e acondicionados em câmara B.O.D. previamente regulada na ausência de luz e temperatura a 25°C por 24 horas. Após o período de embebição, os recipientes foram retirados da câmara e as soluções contendo as sementes foram agitadas para uniformização dos lixiviados. Imediatamente procedeu-se à leitura em condutivímetro MCA 150, com eletrodo constante 1, cujos dados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente.

*Envelhecimento acelerado:* utilizou-se caixas de acrílico contendo tela metálica para o envelhecimento das sementes. No interior de cada caixa adicionou-se 40 mL de água destilada e as sementes foram depositadas sobre tela metálica formando uma camada única. Posteriormente, as caixas tampadas foram mantidas em câmara tipo B.O.D. a 41 °C por 48 horas (Marcos Filho, 2020). Em seguida, quatro repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme metodologia descrita (Brasil, 2009). A avaliação foi realizada ao quinto dia após a semeadura, sendo avaliada as plântulas normais e os resultados expressos em porcentagem (%).

*Deterioração controlada:* por meio da metodologia de atmosfera úmida (Marcos Filho, 2020) as sementes foram uniformizadas em relação ao teor de água em caixas de acrílico, contendo um volume de 40 mL de água destilada em seu interior, acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. a uma temperatura de 20 °C. Durante o período de embebição as sementes foram monitoradas por meio de pesagens sucessivas em balanças de precisão (0,0001 g) até atingir 15% de grau de umidade (+/- 2% de variação). Após, as sementes foram acondicionadas em embalagens impermeáveis de alumínio e permaneceram em banho-maria a uma temperatura de 40 °C por 48 horas. Em seguida, realizou-se o teste de germinação (Brasil, 2009), efetuando-se a avaliação no quinto dia após a semeadura, contabilizando plântulas normais vigorosas. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Posteriormente, foi realizado o armazenamento das sementes em câmara fria e seca em condições de temperatura de 15 °C e umidade relativa (UR) de 55%. As avaliações do grau de umidade das sementes (conforme descrito anteriormente) e análise computadorizada de imagens de plântulas foram realizadas nos períodos: 0, 45, 90, 135 e

180 dias após o armazenamento. Foram utilizadas sementes provenientes das zonas de alto e baixo potencial.

*Análise computadorizada de imagens de plântulas:* foram utilizadas sementes de soja de cada tratamento químico e testemunha, sendo distribuídas entre duas folhas de papel para germinação, umedecidos com água destilada com volume igual a 2,5 vezes o peso seco do papel. Em seguida, produziu-se 4 rolos de papel contendo 20 sementes cada, totalizando 80 sementes por tratamento. Os rolos contendo as sementes foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos em câmara do tipo B.O.D. à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação do comprimento de plântulas foi realizada no terceiro dia e as imagens processadas de forma automatizada pelo software Vigor-S. As plântulas de cada repetição foram transferidas do rolo de papel de germinação para uma folha de EVA (etil vinil acetato) de coloração azul com dimensões de 30 cm x 22 cm (correspondente ao tamanho da área útil do scanner). Em seguida, realizou-se a digitalização das imagens em scanner HP Scanjet 200 instalado em posição invertida no interior de uma caixa de alumínio (60 x 50 x 12 cm). O scanner foi ajustado para 300 dpi e conectado a um computador Core i7 (2,80 GHz e 8 GB de RAM). As imagens foram processadas individualmente pelo software registrando o comprimento do hipocótilo, comprimento da raiz, vigor, crescimento, uniformidade, germinação e comprimento médio (Rodrigues *et al.*, 2020). Para o cálculo do crescimento os comprimentos de hipocótilo e raiz primária foram ajustados para 10% e 90%, respectivamente. A contribuição dos parâmetros de crescimento e uniformidade utilizados para o cálculo do vigor foram de 70% e 30%, respectivamente.

## **2.1 Análise estatística**

Na caracterização inicial o delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (zonas de manejo x tratamento de sementes), com 4 repetições. Para a análise computadorizada de imagens de plântulas o delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5 x 5 (zonas de manejo x tratamento de sementes x períodos de armazenamento), com 4 repetições. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste F e a análise de variância a 5% de significância, e na ocorrência de efeitos significativos as médias foram comparadas pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R 3.6® (R Core Team, 2023).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização inicial das sementes provenientes das zonas de alto e baixo potencial, o teor de água variou entre 8,8% e 9,3%, independentemente do tratamento de sementes.

No teste de germinação houve diferença significativa do tratamento controle dentro da zona alta, obtendo a menor média de germinação. Essa diferença pode estar associada à ausência de tratamento químico, que pode ter favorecido o desenvolvimento de agentes fitopatogênicos. A condição sanitária das sementes é de extrema importância, tendo em vista que a presença de patógenos pode reduzir a germinação e o vigor, originando focos primários de infecção de doenças (Goulart, 2018).

**Tabela 2.** Germinação (%), Germinação em rolo de papel + Vermiculita (RPV) (%) e Emergência (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

TS	Germinação		RPV		Emergência	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
1	78 aA	72 aA	85 aA	85 aA	91 aA	93 aA
2	83 aA	80 aA	79 bB	91 aA	94 aA	88 aA
3	83 aA	80 aA	85 aA	85 aA	93 aA	89 aA
4	76 aA	81 aA	88 aA	86 aA	93 aA	93 aA
5	60 aB	71 aA	82 aB	76 aA	92 aA	90 aA
	CV (%) = 5,55		CV (%) = 4,45		CV (%) = 5,88	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de significância. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3); Ciantraniliprole (4); Controle (5).

Nos resultados do teste de germinação com vermiculita (Tabela 2) verificou-se diferenças entre as sementes das zonas de alto e baixo potencial, assim como, entre os tratamentos de sementes com Imidacloprid + Thiodicarb (2) e Controle (5) na zona de alto potencial. No tratamento Imidacloprid + Thiodicarb (2) a maior média de germinação foi observada nas sementes provenientes da zona baixa. As maiores porcentagens de germinação foram observadas nas sementes tratadas com Thiametoxam (1), Clorantraniliprole (3) e Ciantraniliprole (4) na zona de alto potencial, enquanto na zona baixo potencial não houve diferenças entre os tratamentos de sementes.

O efeito fitotóxico dos tratamentos químicos se expressa principalmente em métodos de análise com água abundante, que é o caso do teste de germinação em papel. Dessa forma, o teste de germinação com vermiculita foi recomendando como uma forma de amenizar os efeitos fitotóxicos dos tratamentos químicos nas sementes, buscando

representar o seu real potencial fisiológico (Rocha *et al.*, 2020). O comportamento das sementes no papel com vermiculita amenizou a fitotoxidez e proporcionou maior porcentagem de germinação.

No teste de emergência (Tabela 2), observa-se que não houve diferenças entre os tratamentos de sementes e zonas de manejo. Assim, na caracterização inicial as sementes possuíam alto vigor, tanto para a zona de alto e baixo potencial, por meio da emergência das plântulas. Ao contrário dos testes realizados no papel de germinação, na emergência em areia os componentes dos tratamentos são diluídos no substrato (Taylor; Salanenka, 2012). Isso pode ocasionar a redução dos efeitos fitotóxicos. Foi verificado que houve maior vigor de sementes de mamona tratadas na areia comparado ao papel de germinação (Queiroga *et al.*, 2013).

No teste de condutividade elétrica (Tabela 3) não houve diferenças entre as zonas de manejo e tratamentos de sementes. O teste de condutividade avalia a qualidade das sementes de forma indireta a partir da quantificação da concentração de eletrólitos lixiviados pelas sementes durante a embebição, baseando na evidência de que quanto mais deteriorada, maior a perda de lixiviados em decorrência da redução da integridade das membranas (Vieira; Marcos-Filho, 2020). No teste de condutividade elétrica os menores resultados são os melhores. Desse modo, valores entre 60-70  $\mu\text{S}^{-1} \text{cm}^{-1} \text{g}$  são tidos como de alto vigor, enquanto 70-80  $\mu\text{S}^{-1} \text{cm}^{-1} \text{g}$  já são valores com tendência para médio vigor (Vieira; Marcos-Filho, 2020).

**Tabela 3.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ), envelhecimento acelerado (%) e deterioração controlada (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

TS	Condutividade Elétrica		Envelhecimento Acelerado		Deterioração Controlada	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
1	83,84 aA	81,08 aA	77 aA	70 aA	77 aA	70 aA
2	76,26 aA	81,23 aA	82 aA	70 bA	82 aA	70 bA
3	80,01 aA	81,70 aA	79 aA	72 aA	79 aA	72 aA
4	83,07 aA	77,50 aA	62 aB	73 aA	62 aB	73 aA
5	81,30 aA	89,11 aA	70 aB	60 aA	70 aB	60 aA
CV (%) = 7,31			CV (%) = 10,45		CV (%) = 10,45	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de significância. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3); Ciantraniliprole (4); Controle (5).

Sementes de sorgo advindas de zonas de manejo diferentes, apresentaram condutividade elétrica maior nos tratamentos com Thiametoxam e Fludioxonil + Metalaxil-M (Catão; Hurtado, 2023). Vazquez *et al.* (2014) verificaram que os tratamentos de sementes de milho com Imidacloprid + Thiodicarb, Thiametoxam, Fludioxonil + Metalaxil-M, entre outros inseticidas e fungicidas não interferiram nos resultados do teste de condutividade elétrica. Vale ressaltar que o tratamento de sementes não contribui para o aumento de lixiviados no teste de condutividade elétrica, portanto, essa diferença é inerente a qualidade da semente em função da zona de manejo na qual foi produzida.

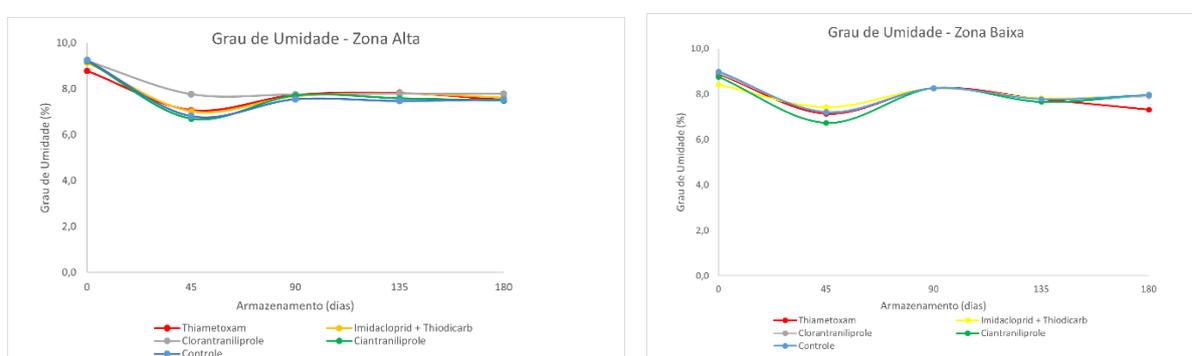
O teste de envelhecimento acelerado traz informações importantes para acerca da qualidade das sementes e do potencial de armazenamento destas (Tekrony, 1995). Na avaliação do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 3), houve diferença entre as zonas de manejo. Houve maior vigor em sementes tratadas com Imidacloprid + Thiodicarb (2) na zona alto potencial. Em relação aos tratamentos com Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3) houve maior vigor de sementes na zona de alto potencial. Nessa mesma zona sementes tratadas com Ciantraniliprole (4); Controle (5) possuem menor vigor. Ferreira *et al.* (2016) também relataram redução do vigor de sementes de soja quando tratadas com Thiametoxam, Imidacloprid + Thiodicarb. Assim como relatou Catão e Hurtado (2023), que sementes de sorgo provenientes das zonas de alto e baixo manejo tratadas com Thiametoxam houve redução do vigor pelo teste de envelhecimento acelerado.

No teste de deterioração controlada (Tabela 2) houve diferenças significativas de zonas apenas no tratamento com Imidacloprid + Thiodicarb (2), em que se destacou a zona alta. Não houve diferenças entre os tratamentos na zona baixa. Entretanto, sementes tratadas com Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3) se destacaram por apresentar maior vigor na zona alta. De acordo com Hampton e TeKrony (1995), no teste de deterioração controlada as sementes são expostas a condições semelhantes de umidade e temperatura e, portanto, ficam sujeitas a condições idênticas de deterioração, o que ocasiona uma maior eficiência na distinção do potencial fisiológico das sementes.

O grau de umidade das sementes de soja das zonas de manejo alto e baixo pode ser observado na Figura 3 ao longo do armazenamento. No início do armazenamento (período 0) observa-se que as sementes possuíam umidade entre 8,4 e 9,3%, independente da zona de manejo e do tratamento químico realizado. O teor de água das sementes

reduziu aos 45 dias de armazenamento e aumentou aos 135 dias. É possível que esse aumento tenha ocorrido devido a alterações na umidade relativa do ar, que torna necessário um aumento no grau de umidade da semente para que se restabeleça o equilíbrio higroscópico. Aos 180 dias houve maior redução do teor de água das sementes da zona baixa tratadas com Thiametoxam (1).

De acordo com Marcos-Filho (2015) os resultados dos testes não serão prejudicados desde que a variação do teor de água esteja entre 1 e 2%. A diferença entre o menor e o maior percentual de umidade foi de 1%, garantindo confiabilidade nos resultados das avaliações do potencial fisiológico das sementes.



**Figura 4.** Grau de umidade (%) de sementes de soja produzidas em zonas de alto e baixo manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3); Ciantraniliprole (4); Controle (5).

O aumento no grau de umidade ocorre em decorrência da capacidade das sementes de ganharem ou perder água de acordo com as oscilações na umidade relativa do ar. Dessa forma, o equilíbrio higroscópico é atingido quando a umidade da semente fica em equilíbrio com a umidade relativa do ar, sendo isso de grande importância para o armazenamento (Bacchi, 1959).

Os resultados de comprimento do hipocótilo calculado automaticamente pelo *software* Vigor-S estão expressos na Tabela 4. No início do armazenamento (tempo 0) houve diferença entre as plântulas advindas de sementes das zonas de alto e baixo potencial quando tratadas com Imidacloprid + Thiodicarb (2), sendo que a zona de baixo potencial apresentou maior comprimento. Aos 45 dias as zonas diferiram para os tratamentos Thiametoxam (1) e Controle (5), em que houve maior comprimento de plântulas da zona de baixo potencial para o tratamento com Thiametoxam (1) e na zona de alto potencial para o Controle (5).

Aos 90 dias, houve diferença no comprimento do hipocótilo das plântulas quando as sementes foram tratadas com Thiametoxam (1), sendo a zona de baixo potencial o maior comprimento. Em relação as diferenças de tratamentos nas zonas de manejo, na zona alto potencial houve maior comprimento do hipocótilo no tratamento Controle (5), indicando fitotoxidez nos demais tratamentos. Na zona de baixo potencial houve maior comprimento de hipocótilo quando as sementes foram tratadas com Thiametoxam (1), Clorantniliprole (3) e Controle (5). Tanto Imidacloprid + Thiodicarb (2) e Ciantraniliprole (4) houve redução do comprimento de hipocótilo.

Aos 135 dias não houve diferenças significativas tanto para zona, quanto para tratamentos de sementes. Já aos 180 dias as zonas de manejo se diferiram para o tratamento com Thiametoxam (1), sendo as maiores médias observadas na zona alto potencial. Em relação ao tratamento de sementes as maiores médias foram observadas no tratamento com Thiametoxam (1) e Controle (5). Na zona baixo potencial apenas o tratamento Controle (5) não houve redução do hipocótilo quando comparado aos demais tratamentos, que se mostraram com sintomas de fitotoxidez ocasionados pelo tratamento químico das sementes.

Em relação ao comprimento da radícula (Tabela 4), nos tempos 0, 45 e 135 dias de armazenamento não houve diferenças estatísticas entre as médias. No entanto, aos 90 dias houve diferenças entre as zonas de manejo nos tratamentos Thiametoxam (1) e Imidacloprid + Thiodicarb (2). Considerando os tratamentos de sementes apenas Imidacloprid + Thiodicarb (2) e Controle (5) na zona de alto potencial, e Thiametoxam (1) e Controle (5) na zona de baixo potencial não se diferiram quanto ao comprimento de radícula.

**Tabela 4.** Medidas de comprimento do hipocótilo (cm), comprimento da radícula (cm) e comprimento médio (cm) obtidas de forma automática das sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

ARM	TS	Comprimento Hipocótilo		Comprimento Radícula		Comprimento Médio	
		Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	1	1,23 aA	1,16 aA	2,09 aA	1,89 aA	3,32 aA	3,05 aA
	2	1,11 bA	1,52 aA	1,69 aA	1,60 aA	2,80 aA	3,10 aA
	3	1,18 aA	1,01 aA	1,98 aA	1,39 aA	3,17 aA	2,40 aA
	4	1,23 aA	1,27 aA	2,09 aA	1,63 aA	3,32 aA	2,90 aA
	5	1,15 aA	1,21 aA	1,83 aA	2,04 aA	2,97 aA	3,27a A
45	1	0,74 bA	1,13 aA	1,07 aA	1,59 aA	1,82 bA	2,70 aA
	2	1,16 aA	0,90 aA	1,52 aA	1,32 aA	2,70 aA	2,22 aA
	3	0,93 aA	0,89 aA	1,28 aA	1,39 aA	2,22 aA	2,27 aA
	4	0,94 aA	0,95 aA	1,44 aA	1,38 aA	2,52 aA	2,32 aA
	5	1,07 aA	0,67 bA	1,33 aA	0,91 aA	2,40 aA	1,60 aA
90	1	0,87 bB	1,31 aA	1,35 bB	2,01 aA	2,22 bB	3,32 aA
	2	1,29 aB	0,96 aB	2,44 aA	1,47 bB	3,70 aA	2,45 bB
	3	1,05 aB	1,34 aA	1,85 aB	1,67 aB	2,87 aB	3,02 aB
	4	1,11 aB	1,18 aB	1,96 aB	1,64 aB	3,10 aB	2,80 aB
	5	1,66 aA	1,60 aA	2,30 aA	2,30 aA	3,95 aA	3,87 aA
135	1	1,28 aA	1,33 aA	1,58 aA	1,71 aA	2,87 aA	3,05 aA
	2	1,20 aA	1,17 aA	1,51 aA	1,79 aA	2,70 aA	2,97 aA
	3	1,35 aA	1,16 aA	1,57 aA	1,35 aA	2,95 aA	2,50 aA
	4	1,33 aA	1,20 aA	1,46 aA	1,50 aA	2,80 aA	2,70 aA
	5	1,28 aA	1,19 aA	1,26 aA	1,30 aA	2,55 aA	2,50 aA
180	1	1,61 aA	1,02 bB	2,53 aA	1,25 bB	4,15 aA	2,24 bB
	2	0,80 aB	0,80 aB	1,00 aB	1,16 aB	1,80 aB	1,97 aB
	3	1,01 aB	1,0 aB	1,37 aB	1,18 aB	2,40 aB	2,20 aB
	4	1,06 aB	0,83 aB	1,34 aB	0,96 aB	2,40 aB	1,77 aB
	5	1,43 aA	1,66 aA	1,97 bA	2,81 aA	3,40 bA	4,47 aA
		CV (%) = 21,98		CV (%) = 25,11		CV (%) = 22,37	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de significância. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3); Ciantraniliprole (4); Controle (5).

Aos 180 dias houve diferenças entre as zonas de manejo nos tratamentos Thiametoxam (1) e Controle (5), assim como houve maior desenvolvimento da radícula na comparação dos tratamentos de sementes. Na zona de baixo potencial, o Controle (5), houve maior comprimento de radícula. Esse comportamento foi observado também para as médias de hipocótilo.

Vanzolini et al. (2007) correlacionaram os dados do comprimento de plântulas com a emergência em campo e foi comprovado que o comprimento da raiz da plântula de

soja é mais sensível para a diferenciação do vigor de sementes de soja. Além disso, a deterioração de sementes em dicotiledôneas começa nas áreas do meristema do eixo embrionário, sendo a radícula mais sensível do que a plúmula (Marcos Filho, 2015).

No comprimento médio (Tabela 4), nos tempos 0, 45 e 135 dias de armazenamento, também não houve diferenças entre as médias. Houve diferenças entre zonas de manejo e tratamentos de sementes nos tempos 90 e 180 dias. Assim, é possível notar com as análises realizadas que aos 180 dias, na zona alto potencial os tratamentos com Thiametoxam (1) e Controle (5) apresentaram maior vigor de plântulas, enquanto na zona de baixo potencial apenas o tratamento Controle (5). As sementes de soja com alto vigor vão apresentar a capacidade de gerar plântulas com maior desenvolvimento, além da sua maior capacidade de transformação e suprimento de reservas (Vanzolini e Carvalho, 2002; Bewley; Black, 1994).

Nos resultados de germinação automática (Tabela 5) não houve diferenças significativas entre as zonas de alto e baixo potencial. Nos tempos 0, 45 e 135 dias os tratamentos não diferiram. Já aos 90 dias o tratamento Controle (5) houve maior germinação em relação aos outros tratamentos, indicando efeito fitotóxico dos tratamentos químicos. Aos 180 dias a maior germinação também foi verificada no tratamento Controle (5), seguido pelo tratamento com Thiametoxan (1). Isso evidencia ainda mais a ocorrência de fitotoxidez dos tratamentos químicos ao longo do armazenamento.

Os tratamentos químicos nas sementes de soja podem afetar a qualidade fisiológica e reduzir a germinação, em especial os tratamentos com inseticidas que apresentam maior fitotoxicidade em relação às moléculas de fungicida (Rocha *et al.*, 2020). Esses efeitos deletérios podem aumentar no decorrer do armazenamento das sementes (Ferreira *et al.*, 2016). O tratamento químico cria uma película no exterior das sementes que ocasiona a formação de uma barreira física momentânea. Isso dificulta a realização de trocas gasosas e embebição das sementes, reduzindo a atividade enzimática responsável pela degradação das reservas e, dessa forma acarreta a diminuição da germinação das sementes (Dorneles *et al.*, 2019). Pereira *et al.* (2021) verificaram resultados semelhantes, observando a redução da germinação e qualidade de sementes de soja tratadas quimicamente ao longo do armazenamento.

No índice de uniformidade (Tabela 5) não houve interação entre o tratamento de sementes e zonas de manejo ao longo do armazenamento. Entretanto, avaliando os fatores de forma isolada nota-se que a média da zona alto potencial foi superior se comparado

com a zona baixo potencial. Nos tempos 0, 45 e 135 dias os tratamentos de sementes não diferiram. No entanto, aos 90 dias de armazenamento o tratamento Controle (5) apresentou valores superiores de uniformidade em relação aos demais tratamentos. Com 180 dias o tratamento com Thiametoxan (1) e 5 (Controle) apresentaram os maiores valores de uniformidade.

**Tabela 5.** Germinação automática (%) e Índice de Uniformidade de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

ARM	TS	Germinação Automática	Uniformidade Automática
0	1	64,37 A	597,26 A
	2	65,00 A	588,64 A
	3	65,00 A	585,16 A
	4	64,37 A	587,77 A
	5	63,75 A	590,21 A
45	1	55,62 A	519,75 A
	2	55,62 A	523,89 A
	3	58,12 A	503,46 A
	4	56,25 A	519,78 A
	5	53,75 A	506,02 A
90	1	54,37 B	422,42 B
	2	57,50 B	490,07 B
	3	58,75 B	484,34 B
	4	57,50 B	494,99 B
	5	74,37 A	579,81 A
135	1	76,87 A	661,25 A
	2	73,75 A	610,16 A
	3	81,87 A	653,01 A
	4	76,87 A	650,66 A
	5	76,25 A	656,57 A
180	1	61,50 B	510,56 A
	2	46,87 C	386,67 B
	3	56,25 C	452,00 B
	4	55,62 C	423,21 B
	5	84,37 A	576,56 A
Zona Alta		64,80 A	561,80 A
Zona Baixa		63,25 A	524,11 B
		CV (%) = 17,53%	CV (%) = 15,81

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de significância. Thiametoxan (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantraniliprole (3); Ciantraniliprole (4); Controle (5).

O índice de uniformidade é de grande importância para a análise do vigor de sementes, pois uma germinação rápida e uniforme representa a constituição de um estande adequado de plântulas no campo (Abud *et al.*, 2017). Esse índice não deve ser analisado

isoladamente para a avaliação do vigor das sementes, tendo em vista que plântulas pouco desenvolvidas também podem gerar altos índices de uniformidade (Leite *et al.*, 2020).

Em relação ao índice de crescimento (Tabela 6) nos tempos 0, 45 e 135 dias de armazenamento não houve diferenças nas zonas de manejo e tratamento de sementes. Aos 90 dias as zonas de manejo se diferiram para os tratamentos com Thiametoxam (1) e Imidacloprid + Thiodicarb (2) com maior índice de crescimento na zona de baixo e alto potencial, respectivamente. Nesse mesmo período na zona alto potencial o tratamento Controle (5) foi superior, enquanto na zona baixo potencial o tratamento Thiametoxan (1) e Controle (5) foram superiores.

**Tabela 6.** Índice de crescimento e índice de vigor automático de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

ARM	TS	Crescimento Automático		Vigor Automático	
		Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	1	231,05 aA	214,32 aA	353,22 aA	321,07 aA
	2	192,35 aA	188,42 aA	319,17 aA	300,52 aA
	3	224,05 aA	160,27 aA	347,12 aA	273,00 aA
	4	236,72 aA	188,62 aA	355,40 Aa	294,95 aA
	5	207,82 aA	231,65 aA	326,37 aA	335,35 aA
45	1	122,25 aA	131,90 aA	239,10 aA	285,65 aA
	2	175,35 aA	151,00 aA	301,22 aA	241,55 aA
	3	147,07 aA	157,50 aA	268,57 aA	246,67 aA
	4	177,12 aA	158,30 aA	273,17 aA	273,50 aA
	5	154,37 aA	104,97 aA	281,25 aA	203,90 bA
90	1	154,27 bB	229,75 aA	221,70 bC	300,52 aA
	2	275,10 aA	167,95 bB	358,42 aA	245,77 bA
	3	210,10 aB	193,72 aB	291,60 aB	281,70 aA
	4	221,95 aB	188,32 aB	310,07 aB	274,12 aA
	5	263,92 aA	263,27 aA	384,80 aA	332,15 aA
135	1	184,10 aA	197,75 aA	332,22 aA	331,82 aA
	2	174,85 aA	204,52 aA	313,25 aA	318,40 aA
	3	183,27 aA	156,90 aA	325,02 aA	304,90 aA
	4	171,05 aA	174,10 aA	316,60 aA	315,40 aA
	5	148,82 aA	152,32 aA	307,42 aA	297,32 aA
180	1	287,80 aA	145,57 aB	360,10 aA	249,40 bB
	2	115,60 aB	132,87 aB	188,40 aB	217,52 aB
	3	158,10 aB	137,77 aB	245,77 aB	232,52 aB
	4	155,10 aB	111,52 aB	239,90 aB	200,65 aB
	5	226,52 bA	318,05 aA	316,82 bA	410,32 aA
CV (%) = 24,64				CV (%) = 18,61	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de significância. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Clorantranilprole (3); Ciantranilprole (4); Controle (5).

Já aos 180 dias o tratamento Thiametoxam (1) e Controle (5) foram superiores na zona alto potencial, enquanto na zona baixo potencial apenas o Controle. Os valores superiores de crescimento para o controle evidenciam a ocorrência de fitotoxicidade dos tratamentos químicos nas sementes ao longo do armazenamento.

Considerando o vigor automático das sementes (Tabela 6) também foram observadas diferenças entre os tratamentos de sementes e zonas de manejo aos 0, 45 e 135 dias de armazenamento. Aos 90 dias as zonas se diferiram para os tratamentos com Thiametoxam (1) e Imidacloprid + Thiodicarb (2) na qual a zona alto potencial foi inferior no tratamento com Thiametoxam (1) e superior com Imidacloprid + Thiodicarb (2), respectivamente. Na zona alto potencial aos 90 dias o maior vigor foi observado nos tratamentos com Imidacloprid + Thiodicarb (2) e Controle (5), seguido dos tratamentos com Clorantraniliprole (3); Ciantraniliprole (4). Na zona baixo potencial os tratamentos não diferiram.

Aos 180 dias houve diferenças significativas de zonas de manejo para os tratamentos Thiametoxam (1) e Controle (5). Em relação aos tratamentos de sementes, em cada zona de manejo, o vigor das sementes tratadas com Thiametoxam (1) e Controle (5) foi superior na zona de alto potencial, enquanto na zona de baixo apenas o Controle (5).

Os resultados obtidos no último tempo de armazenamento evidenciam a ocorrência de efeitos fitotóxicos dos tratamentos químicos nas sementes, tendo em vista que o maior vigor nesse tempo foi obtido pelo tratamento Controle. O índice de vigor reúne os resultados obtidos nos demais testes em um único valor. Esse resultado se alinha com os demais obtidos dos dados de crescimento, uniformidade e comprimento. Essa mesma verificação foi obtida por Leite *et al.* (2020) e Vinhais (2021).

Também é válido ressaltar que o tratamento com Thiametoxan (1) nas avaliações realizadas apresentou maior vigor na zona de alto potencial. Isso sugere que as sementes produzidas em zona de alto potencial podem obter sementes mais vigorosas e sofrer menor influência dos efeitos deletérios de alguns tratamentos químicos.

Além disso, Horri e Shetty (2007) afirmaram que o uso de inseticidas, como o Thiametoxam, podem auxiliar na rota metabólica da pentose fosfato, favorecendo a hidrólise de reservas e aumentando a disponibilidade de energia para a germinação e emergência as plântulas.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise de imagens pelo software Vigor-S é eficiente na avaliação de efeitos fitotóxicos em sementes tratadas e armazenadas. No decorrer do armazenamento foi observado efeito fitotóxico dos tratamentos químicos utilizados em ambas as zonas de manejo, haja vista que o maior vigor observado foi no tratamento Controle. Sementes das zonas de alto e baixo potencial diferenciaram conforme o tratamento e seu armazenamento.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ABUD, H.F.; CICERO, S.M.; GOMES-JUNIOR, F.G. Computerized image analysis of seedlings to evaluate broccoli seed vigor. **Journal of Seed Science**, v.39, n.3, p.303-310, 2017. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n3174582>
- ALVES, E.; AGUIAR, E.; PEREIRA, C.; MOREIRA, I.; FILHO, L.; SANTINI, J.M.K. Efeito do tratamento químico com inseticida/fungicida e polímero na qualidade fisiológica da semente de soja. **Cientific - Multidisciplinary Journal**, v.4, n.1, p.12-18, 2017.
- BACCHI, O. Equilíbrio higroscópico das sementes de café, fumo e várias hortaliças. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do estado de São Paulo**. Vol. 18, n. 15, 1959.8
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum Press, 445p. 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p. [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf)
- CANTARELLI, L.D., BRAGA SCHUCH, L.O., RUFINO, C. de A., TAVARES, L.C. and VIEIRA, J.F., 2015. Physiological seeds quality: spatial distribution and variability among soybean plant population. **Bioscience Journal** [online], vol. 31, no. 2, pp. 344–351. [Accessed 29 March 2024]. DOI 10.14393/BJ-v31n2a2015-22274. Available from: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22274>.
- CARVALHO, E.R.; ROCHA, D.K.; ANDRADE, D.B.; PIRES, R.M.O.; PENIDO, A.C.; REIS, L.V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**. 2020, v. 42, e202042036. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42237847>
- CATÃO, H. C. R. M., & HURTADO, S. M. C. (2023). Chemical treatment and storage of sorghum seeds produced in different management zones. **Journal of Seed Science**, 45, e202345004. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45265644>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, março 2023**. Brasília: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 29 de março de 2023.

DORNELES, G. O., SILVEIRA, R. G., GUESSER, V. P., MISSIO, E., RADMANN, E. B. Desempenho de sementes de soja submetidas a tratamento com fungicida/inseticida e períodos de armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 2303-2310, mar. 2019.

FERREIRA, T.F.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, R.A.D.; RESENDE, L.S.; LOPES, C.G.M.; FERREIRA, V.D.F. Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.4, p.278-286, 2016. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n4161760>

GOULART, A.C.P. Fungos em sementes de soja: detecção e importância. Dourados: **EMBRAPA-CPAO**, 2018. 74p

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Controlled deterioration test. In: HAMPTON, J.G., TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods** Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p.70-78.

HORII, P.M.; K. SHETTY. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. **Bioresource Technology**, v.98, p.623-632, 2007.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **EMBRAPA Londrina**, 2018. 24 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2023

LEITE, M. S.; TORRES, S. B.; GOMES JUNIOR, F. G.; REGO, C. H. Q.; PAIVA, E. P.; LEITE, T. S. Viability of seedling image analysis (Vigor-S) to determine the physiological potential of melon seeds. **Journal Of Seed Science**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 1-11, maio 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v42237826>.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. MARCOS FILHO, J. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: **ABRATES**, 2020. p.185-237.

MARCOS-FILHO, Seed vigor testing: na overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n.4, p. 363 – 374, 2015,

MILANI, L.; SOUZA, E. G. DE; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de 25 produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026571004.pdf>. Acesso em: 29 mar.2023

PEREIRA, Renata Cristiane *et al.* Physiological quality of soybean seeds stored after industrial treatments with different chemicals. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 1-7, 4 fev. 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12279>.

QUEIROGA, V. de P.; SILVA FILHO, J. L.; CARTAXO, W. V.; QUEIROGA, D. A. N. Substrato e tratamento químico em relação à qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Tecnol. & Ciên. Agropec**, João Pessoa, v. 7, n. 3, p. 13-18, set. 2013

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available on: <http://www.R-project.org/>. Accessed on: 10 junho de 2023.

- REIS, L. R. **Utilização da condutividade elétrica para estabelecimento de zonas de manejo em um latossolo amarelo-escuro**. 2005. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.
- ROCHA, D.K.; CARVALHO, E.R.; PIRES, R.M.O.; SANTOS, H.O.; PENIDO, A.C.; ANDRADE, D.B. Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products? **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, e020119, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044020119>
- RODRIGUES, M., GOMES-JUNIOR, F. G., & MARCOS-FILHO, J.. (2020). Vigor-S: System for Automated Analysis of Soybean Seed Vigor. **Journal of Seed Science**, 42, e202042039. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42237490>
- SANTOS, R. F. dos ., PLACIDO, H. F., LARA, L. M., ZENI NETO, H., HENNING, F. A., & BRACCINI, A. L.. (2023). Physiological potential of soybean seeds treated and stored under uncontrolled conditions. **Journal of Seed Science**, 45, e202345005. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45262942>
- SEELAN, S. K., LAGUETTE, S., CASADY, G. M., & SEIELSTAD, G. A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. **Remote Sensing of Environment**, 88, 157–169.
- SILVA, G. G.; GOMES JUNIOR, F. G. **Avaliação automatizada do vigor de sementes de soja utilizando o software Vigor-S**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE SÃO PAULO, 2014. Resumos... São Paulo: USP, 2014. p.1-4.
- TEKRONY, D.M. Accelerated aging. In: VAN DE VENTER, H.A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar Copenhagen: ISTA**, 1995. p.53-72.
- TEY, Y. S.; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. **Precision Agriculture**, [s.l.] v. 13, n. 6, p. 713-730, 20 jul. 2012. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>. Acesso em: 09 jan. 2024.
- VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v. 24, n.1, p.33-41, 2002.
- VANZOLINI, S.; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.M.T.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.
- VAZQUEZ, G. H.; CARDOSO, R. D., PERES A. R. Tratamento químico de sementes de milho e o teste de condutividade elétrica. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 773-781, 2014. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18081>
- VIEIRA, R.D. ; MARCOS-FILHO, J. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. ; VIEIRA, R.D. ; FRANÇA-NETO, J.B , MARCOS FILHO, J. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes** . Londrina: ABRATES , 2020. p.333-389.
- VIEIRA, R.D.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Seed vigour - an important component of seed quality in Brazil. **ISTA - Seed Testing International**, n. 126, p. 21-22, 2003
- VINHAI, Laura Martins. **Uso da análise de imagens para determinação de diferentes índices de vigor em função das posições de sementes de soja**. 2021. 23 f. TCC

(Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.