



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MAURÍCIO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DE SOLO NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS E ARMAZENADAS**

UBERLÂNDIA

2024

MAURÍCIO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DE SOLO NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS E ARMAZENADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Produção e Tecnologia de sementes, para obtenção do título de “Mestre”.

Prof. Dr. Hugo César R. Moreira Catão
Orientador

Prof. Dr. Sandro M. Carmelino Hurtado
Coorientador

UBERLÂNDIA

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

| | |
|-------------|--|
| O48 2024 | <p>Oliveira Filho, Mauricio Alves de, 1996- Variabilidade espacial de atributos de solo na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas [recurso eletrônico] / Mauricio Alves de Oliveira Filho. - 2024.</p> <p>Orientador: Hugo César Rodrigues Moreira Catão. Coorientador: Sandro Manuel Carmelino Hurtado. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.275 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. Catão, Hugo César Rodrigues Moreira, 1983-, (Orient.). II. Hurtado, Sandro Manuel Carmelino, 1976-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p> |
|-------------|--|

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MAURÍCIO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

VARIABILIDADE, TRATAMENTO QUÍMICO E ARMAZENAMENTO DE
SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS EM DIFERENTES ZONAS DE MANEJO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia para obtenção do título de “Mestre”.

Área de concentração: Produção Vegetal

APROVADO em 01 de abril de 2024

| | |
|--|------|
| Prof. ^a Dr. ^a Flávia Andrea Nery Silva | UFU |
| Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga | UFU |
| Prof. Dr. Everson Reis Carvalho | UFLA |

Prof. Dr. Hugo César R. Moreira Catão
ICIAG-UFU
(Orientador)

Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado
ICIAG-UFU
(Coorientador)

UBERLÂNDIA
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

| | | | | | |
|-------------------------------|---|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| Programa de Pós-Graduação em: | Agronomia | | | | |
| Defesa de: | Dissertação de Mestrado Acadêmico, 006/2024, PPGAGRO | | | | |
| Data: | Primeiro de abril de dois mil e vinte e quatro | Hora de início: | 13:30 | Hora de encerramento: | 17:30 |
| Matrícula do Discente: | 12212AGR017 | | | | |
| Nome do Discente: | Maurício Alves de Oliveira Filho | | | | |
| Título do Trabalho: | Variabilidade espacial de atributos de solo na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas | | | | |
| Área de concentração: | Produção Vegetal | | | | |
| Linha de pesquisa: | Produção Vegetal em Áreas de Cerrado | | | | |

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Flavia Andrea Nery Silva - UFU; Cleyton Batista de Alvarenga - UFU; Everson Reis Carvalho - UFLA; Hugo César Rodrigues Moreira Catão - UFU orientador do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão, Professor(a) do Magistério Superior, em 01/04/2024, às 17:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Cleyton Batista de Alvarenga, Professor(a) do Magistério Superior, em 01/04/2024, às 17:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Everson Reis Carvalho, Usuário Externo, em 03/04/2024, às 07:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Flávia Andrea Nery Silva, Professor(a) do Magistério Superior, em 05/04/2024, às 14:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 5305069 e o código CRC 3942060C.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todos os caminhos que já trilhei até o momento, pela vida e pelas companhias da vida.

Agradeço imensamente aos meus pais, Maurício e Fernanda por todo esforço, por todo apoio, pela vida como um todo, ao meu irmão Fabrício a toda minha família e amigos, em especial a Brendha Borges que me incentivou em todas as etapas deste sonho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hugo César R. Moreira Catão, por sempre estar e se fazer presente, incentivando do início ao fim os trabalhos realizados, orientando da maneira mais humana e profissional possível.

Ao meu Coorientador, Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado, pela presença durante a condução do projeto, pelos direcionamentos, por toda orientação passada.

Ao técnico do Laboratório de Sementes Adílio De Sá Junior, pelo auxílio, pelo incentivo, pelas sugestões e ensinamentos.

A equipe Qualiteste Análises Agronômicas, que além de colegas de trabalho, são amigos que me ajudaram ao longo do percurso, em especial a Michele Camargo, Rafael Silva e ao Pedro Luiky.

Aos meus amigos da Pós-graduação, Bruna de Jesus e ao Ricardo Domingues que desde o início até a finalização dos trabalhos me ajudaram em todos os momentos.

Aos grupos de estudo e pesquisa NEPSEM e GEAP da Universidade Federal de Uberlândia, em especial a Ana Laura, Brenda Santos, Giovana Amato e ao Arthur Lemos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia por toda a infraestrutura disponibilizada voltada a pesquisa, a todos professores e envolvidos que estiveram presentes e contribuíram de alguma forma.

Obrigado!!!

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 – VALIDAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO, VARIABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA | 12 |
| 1 Introdução | 12 |
| 2 Material e Métodos | 14 |
| 2.1 Coleta de dados de atributos de solo e vegetação para elaboração das zonas de manejo | 15 |
| 2.2 Instalação da cultura, marcação de área e colheita | 16 |
| 2.3 Variabilidade da qualidade de sementes de soja | 16 |
| 2.4 Definição das zonas de manejo (ZM) | 18 |
| 2.5 Análise estatística | 19 |
| 3 Resultados e Discussão | 20 |
| 3.1 Elaboração de semivariogramas e interpolação por krigagem dos atributos de solo e vegetação para elaboração das zonas de manejo..... | 20 |
| 3.2 Definição das zonas de manejo em campo de produção de sementes de soja | 25 |
| 3.2 Variabilidade da qualidade de sementes de soja em função das zonas de manejo (ZM)..... | 25 |
| 4 Conclusões | 31 |
| REFERÊNCIAS..... | 32 |
| CAPÍTULO 2 - TRATAMENTO QUÍMICO INDUSTRIAL E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS EM DIFERENTES ZONAS DE MANEJO | 38 |
| 1 Introdução | 38 |
| 2 Material e Métodos | 40 |
| 2.1 Análise estatística | 45 |
| 3 Resultados e Discussão | 46 |
| 4 Conclusões | 64 |
| REFERÊNCIAS..... | 65 |

VALIDAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO, VARIABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

RESUMO

Para elaboração de zonas de manejo a Agricultura de Precisão proporciona melhores gerenciamentos devido ter como base o estudo da variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo. Pode ser que as sementes de soja tenham qualidade distinta quando produzidas em diferentes zonas de manejo. Objetivou-se com este trabalho validar zonas manejo durante a produção de sementes e identificar a variabilidade e a distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja utilizando ferramentas geoestatísticas. As zonas de manejo foram definidas a partir de mapas interpolados de atributos de solo e vegetação com auxílio do plugin Smart Map – SMP, em ambiente Qgis. Após a colheita foi verificado a variabilidade da qualidade fisiológica das sementes produzidas nas diferentes zonas de manejo. Para isso, foram realizados os testes de germinação, envelhecimento acelerado, massa seca, emergência, condutividade elétrica e tetrazólio. O delineamento foi inteiramente casualizado. Os atributos de solo analisados, estande inicial de plantas e produtividade de sementes de soja permitem a validação das zonas de manejo. A qualidade fisiológica das sementes não é uniforme no campo de produção, principalmente em relação ao vigor, proporcionando melhor diagnóstico por meio da interpolação dos mapas. A geoestatística possibilita determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em área de produção de sementes, facilitando a tomada de decisão, no que se refere às áreas a serem colhidas.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; agricultura de precisão; vigor; variabilidade espacial; geoestatística.

VALIDATION OF MANAGEMENT ZONES, VARIABILITY, AND SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYSIOLOGICAL SEED QUALITY IN SOYBEAN

ABSTRACT

Precision Agriculture facilitates improved management by studying the spatial and temporal variability of soil attributes. Soybean seeds may exhibit distinct quality when produced in different management zones. This study aimed to validate management zones during seed production and identify the variability and spatial distribution of soybean seed physiological quality using geostatistical tools. Management zones were defined based on interpolated maps of soil and vegetation attributes using the Smart Map plugin (SMP) within the QGIS environment. Post-harvest, the variability of physiological seed quality across different management zones was assessed. Germination, accelerated aging, dry weight, emergence, electrical conductivity, and tetrazolium tests were conducted in a completely randomized design. Soil attributes, initial plant stand, and soybean seed productivity validated the management zones. Physiological seed quality varies across the production field, particularly in terms of vigor, thereby enhancing diagnostics through map interpolation. Geostatistics enables determination of the spatial distribution of soybean seed physiological quality in seed production areas, facilitating decision-making regarding harvest zones.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill; precision agriculture; vigor; spatial variability; geostatistics.

CAPÍTULO 1 – VALIDAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO, VARIABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

1 Introdução

O anseio por um mundo mais desenvolvido e sustentável é uma realidade proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da criação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) fomentada pela Organização da Alimentação e Agricultura (FAO). A capacidade de gerenciar o meio agrícola, baseado na variação espacial e temporal – Agricultura de Precisão (AP), proporciona uma maior produção, mais sustentabilidade e a redução de efeitos negativos ao meio ambiente, indo em comum acordo a ODS 12: produção e consumo sustentável (FAO, 2023).

O setor econômico envolvendo uma das principais *comodities* do mundo, a soja (*Glycine max* L. Merrill), vêm crescendo consecutivamente ao longo dos últimos anos. Como um importante produtor mundial, o Brasil, acompanha tal crescimento produzindo atualmente 155 milhões de toneladas, a maior produção registrada em um período de 10 anos (CONAB, 2023). A crescente capacidade de produção é ligada diretamente ao avanço tecnológico na agricultura, com a aplicação de boas práticas de manejo, e a utilização de sementes de alta qualidade, sendo um dos fatores que maior exercem impacto no potencial produtivo da cultura (Bagateli *et al.*, 2019; Krzyzanowski *et al.*, 2018).

O solo em toda sua extensão é fonte de vida de diversos macro e microrganismos, local de diversas interações fisiológicas, metabólicas e físicas, tornando-se um ambiente altamente heterogêneo e complexo. A agricultura de precisão vem proporcionando melhores gerenciamentos de manejo, devido ter como base o estudo da variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo (Corrêa *et al.*, 2021), permitindo particionar esta heterogeneidade dos solos em zonas homogêneas, também conhecidas como zonas de manejo (ZM). Isso tem possibilitado obter maiores potenciais produtivos de sementes e garantir maiores lucratividades ao produtor (Tey; Brindal, 2012).

Embora haja possibilidade de aumentar a produção, utilizando a agricultura de precisão, pode ser que a variabilidade da qualidade das sementes de soja seja distinta em função de diferentes zonas de manejo (Catão; Hurtado, 2023). Conhecendo a qualidade das sementes em função dessas zonas, seria possível direcionar melhor a colheita, tornando-a assertiva e obtendo lotes com o mais alto padrão de qualidade. Isso ocasionaria

profundas mudanças nessa operação, pois esse processo não seria realizado de forma homogênea como ocorre atualmente. Ainda seria possível mudanças em outras etapas pós-colheita, como por exemplo, no beneficiamento e armazenamento das sementes, conforme a variabilidade da qualidade.

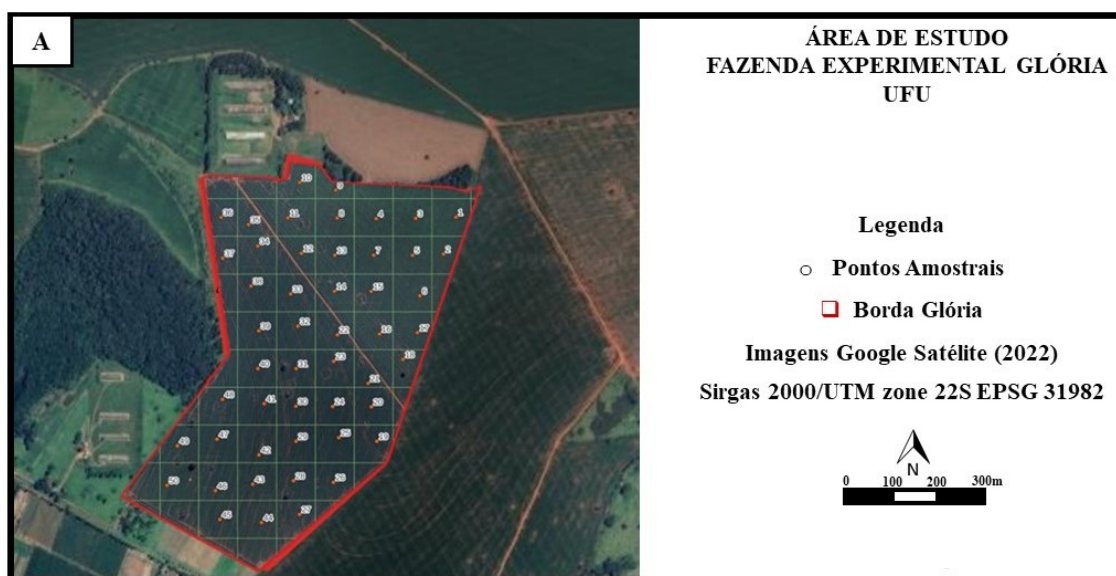
Os campos de produção estão sujeitos a diversas influências, que podem afetar a qualidade final das sementes geradas. Dentre estes, estão os atributos do solo, a ocorrência de pragas e doenças, a disponibilidade de água, dentre outros. Sendo assim, produtores de sementes necessitam de lotes de sementes de alta qualidade e precisam administrar a variação espacial de seus campos de produção para atingir os padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura (MAPA) (Corrêa *et al.*, 2022).

A associação de técnicas de agricultura de precisão com a finalidade de avaliar a distribuição espacial dos componentes da qualidade são fundamentais para criar mapas de espacialização dos componentes da qualidade fisiológica; definir áreas de sementes de alto e baixo vigor no campo de produção; e ferramenta de gestão de informações e tomada de decisões (Gazolla Neto *et al.*, 2017). Diante o exposto, objetivou-se com este trabalho validar a definição das zonas de manejo a partir da produção de sementes e identificar a variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja.

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, ($18^{\circ}57'15.6''\text{S}$ $48^{\circ}11'57.4''\text{O}$, 920 m altitude), em área de 48 ha (Figura 1).

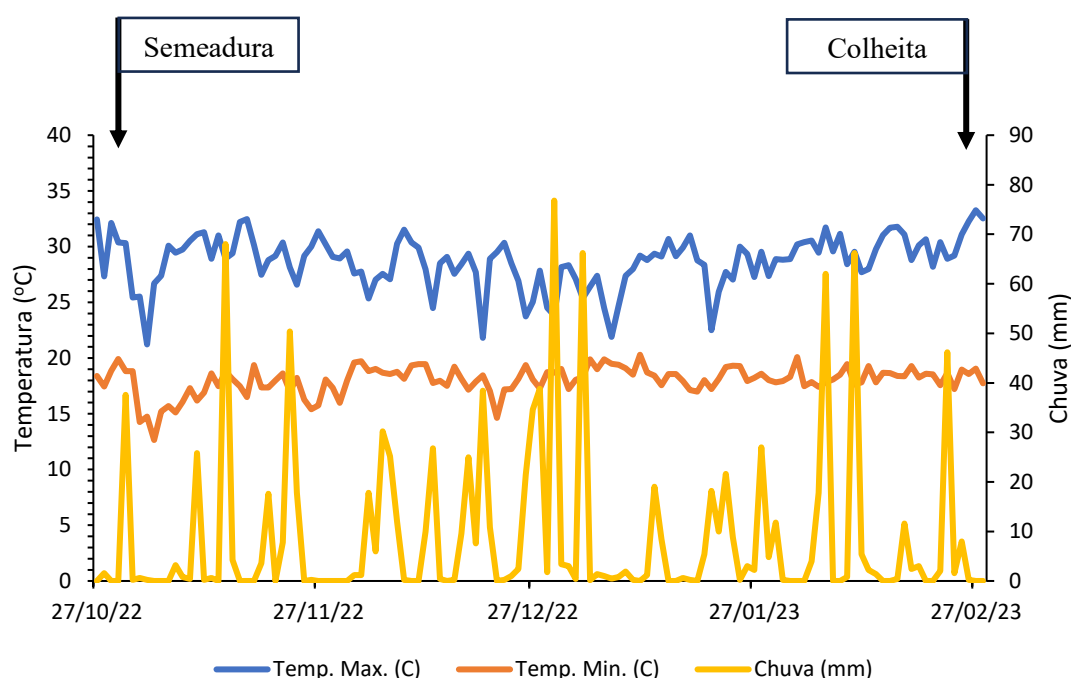
Figura 1 - Localização da área experimental do campo de sementes de soja e malha de 48 pontos amostrais na safra 22/23.



Fonte: Acervo pessoal.

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. O histórico da área remete a semeadura direta em solo coberto com palhada de rotação de cultura sorgo, milho e soja, sob sequeiro. Durante a produção das sementes foram monitoradas as condições do ambiente via estações, por meio da precipitação pluviométrica (mm), temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) máximas e mínimas (Figura 2), dados coletados via estação meteorológica da UFU, localizada na fazenda experimental do Glória.

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.



Fonte: Acervo pessoal.

2.1 Coleta de dados de atributos de solo e vegetação para elaboração das zonas de manejo

Utilizando-se o programa Qgis (Qgis Development Team, 2015), previamente à semeadura, foi delimitado 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®. De acordo com manual de métodos de análise de solo (Teixeira, 2017), realizou-se as coletas de amostras deformadas e indeformadas de solo, com o objetivo de caracterizar os atributos da área experimental, sendo eles: classificação textural (areia e argila), condutividade elétrica do solo, matéria orgânica do solo, CTC total, P-mehlich, e resistência à penetração, estande inicial de plantas e produtividade de sementes de soja.

Amostras deformadas: Coletadas em um perímetro de até 5 metros ao redor de cada ponto central, coletando-se 10 subamostras em profundidade de 0-0,2 m, posteriormente homogeneizadas em uma única alíquota de 150 gramas para representar o ponto amostral.

Amostras indeformadas: Foram retirados um anel de Kopecky para cada ponto amostral, na profundidade de 0-0,2 m, sendo cada anel identificado e armazenado vedando-se com plástico filme.

Amostras para a resistência à penetração do solo: utilizando-se o equipamento Penetrolog® da Falker com ponta de cone tipo 2 foram coletadas 3 amostras para cada ponto da malha amostral, na profundidade de 0,20 m.

2.2 Instalação da cultura, marcação de área e colheita

A semeadura foi realizada em 28 de outubro de 2022, a uma profundidade média de 3 centímetros, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas, visando população de 15 plantas/m. Em cada um dos 48 pontos pertencentes a malha amostral, demarcou-se parcelas experimentais com área útil de 8m², constituídas por 4 linhas espaçadas 0,5 m e 4 m de comprimento, no estágio fenológico V1-V2 da cultura. Foi realizada as marcações da área e a avaliação do estande inicial para os pontos pertencentes a malha amostral.

A colheita manual das parcelas experimentais foi realizada em 27 de fevereiro de 2023, cujo grau de umidade das sementes foi de 13.1%, 12.3% e 14.1% nas zonas de manejo alto, médio e baixo potencial, respectivamente. Para a definição da produtividade, foram colhidas todas as plantas das parcelas experimentais (8 m²). Posteriormente, foi realizada a trilha das plantas. Em seguida, foi realizado o cálculo do peso de mil sementes, com umidade ajustada para 13%, para a determinação da produtividade.

2.3 Variabilidade da qualidade de sementes de soja

Inicialmente as sementes de soja foram beneficiadas e na sequência homogeneizadas em homogeneizador tipo Johnes com 18 canais. Após este processo, as sementes produzidas nos 48 pontos amostrais 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, para posteriormente realizar as análises da qualidade das sementes.

Em seguida, as sementes de todos os pontos amostrais foram submetidas a avaliação de qualidade por meio dos testes de germinação (Brasil, 2009), massa seca (Krzyzanowski *et al.* 2020), envelhecimento acelerado (Marcos-Filho, 2020),

condutividade elétrica (Vieira e Marcos-Filho, 2020), emergência (Krzyzanowski *et al.* 2020) e tetrazólio (França-Neto; Krzyzanowski, 2022).

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 aos 8 dias (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Massa seca: realizada a partir das plântulas normais provenientes da leitura final do teste de germinação (8 dias). As plântulas foram submetidas a secagem na temperatura de 65 °C durante 72 horas em estufa de circulação forçada de ar. Após esse período o material foi pesado em balança de precisão de 0,001 g (Krzyzanowski *et al.* 2020). Os resultados foram expressos em gramas.

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 (%).

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 duas irrigações diárias (matutino e vespertino) com aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água (Krzyzanowski *et al.* 2020). A avaliação foi realizada ao décimo dia após a semeadura, sendo avaliada as plântulas normais e os resultados expressos em porcentagem (%).

Condutividade elétrica ($\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$): o vigor das sementes foi avaliado indiretamente por meio da determinação da quantidade de solutos lixiviados na solução de embebição (Vieira e 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 a solução 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.

Tetrazólio: inicialmente foi realizado o pré-condicionamento das sementes em atmosfera úmida, em caixas de acrílico contendo 40 mL de água destilada em seu interior. As sementes foram dispostas nas caixas sob tela metálica formando uma camada única, com a finalidade de uniformizar o grau de umidade das sementes. As caixas devidamente fechadas foram acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. por um período de 24 horas, a 25 °C. Após este período as sementes foram inseridas em pacotes de papel germinativo, umedecidos a 2,5 vezes o seu peso seco, acondicionadas em germinador Mangelsdorf por 16 horas, a 25 °C. Após este pré-condicionamento, as sementes foram divididas em 4 repetições de 25 sementes para cada tratamento em copos plásticos de 40 mL e então submersas em solução de tetrazólio (0,075%) e direcionadas em câmara do tipo B.O.D. a 40 °C por um período 3 horas. Após a coloração foi realizada as classificações das sementes de acordo com o França-Neto e Krzyzanowski (2022). Os resultados foram modificados utilizando-se somente 3 classes, sendo estas: classe 1 (Alto vigor) compreendida das classes 1 a 3; classe 2 (Baixo vigor) compreendida pelas classes 4 a 5; e classe 3 (sementes não viáveis) compreendida pelas classes 6 a 8.

2.4 Definição das zonas de manejo (ZM)

No ambiente Qgis juntamente com o plugin Smart Map (SMP), foi possível a definição das zonas de manejo (ZM), a partir da interpolação dos atributos de altitude, areia total, argila, condutividade elétrica do solo, CTC potencial, matéria orgânica do solo, fósforo disponível no solo, resistência a penetração, estande inicial plantas de soja e produtividade de sementes de soja. Os passos para a definição das ZM seguiram a seleção dos atributos de análise, interpolação de dados, definição do número ideal de classes e obtenção do mapa final de zonas a partir do algoritmo Fuzzy K-means.

2.5 Análise estatística

Os atributos de solo e da qualidade de sementes foram submetidos a análise estatística descritiva, como auxílio do programa Excel[®], para cálculo de medidas de tendência central (mínimo, máximo, média e mediana) e coeficiente de variação. Espacialmente, os dados foram analisados pela geoestatística, a partir da obtenção de modelos de semivariograma e interpolação por krigagem (Vieira, 2000), com auxílio do programa Surfer[®] (Golden Software, 2011) e posterior elaboração de mapas temáticos em ambiente Qgis (Qgis Development Team, 2015).

3 Resultados e Discussão

3.1 Elaboração de semivariogramas e interpolação por krigagem dos atributos de solo e vegetação para elaboração das zonas de manejo

Na Tabela 1 é possível observar a estatística descritiva para os atributos de solo e vegetação da área experimental. Ao analisar a média e a mediana dos atributos é possível verificar a proximidade dos valores. Isso indica que os dados possuem um comportamento normal (Gomes, 2009). O menor coeficiente de variação foi para o atributo de altitude (1.0 %), enquanto, o maior (C.V. = 58.2%) foi para o atributo de P-mehlich.

Tabela 1 - Estatística descritiva para os atributos do solo e de vegetação avaliados.

| Atributos ¹ (n=48) | Mínimo | Máximo | Média | Mediana | *C.V. (%) |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Altitude (m) | 901.3 | 937.8 | 921.5 | 921.7 | 1.0 |
| Argila | 393.8 | 739.9 | 593.4 | 611.0 | 12.6 |
| CE | 60.2 | 106.9 | 81.2 | 79.0 | 11.5 |
| t | 4.8 | 7.9 | 5.9 | 6.0 | 12.4 |
| P-mehlich | 5.3 | 255.6 | 109.3 | 93.2 | 58.2 |
| RP | 670.4 | 1921.1 | 1100.2 | 1024.8 | 28.8 |
| MOS | 0.7 | 3.1 | 2.5 | 2.6 | 18.6 |
| Estande | 165000.0 | 311000.0 | 254125.0 | 255000.0 | 11.5 |
| Produtividade | 2560.6 | 4500.0 | 3580.6 | 3604.6 | 11.0 |

*C.V. (%): coeficiente de variação.

¹CE: condutividade elétrica do solo; T: CTC potencial; P-mehlich: Fósforo disponível no solo; RP: resistência a penetração; MOS: Matéria Orgânica do Solo. ²Co: efeito pepita; Co+C1: patamar; a: alcance.

Fonte: Autoria própria

Após a amostragem e análise dos atributos de solo foi gerado banco de dados que permitiu a interpolação desses atributos e criação de mapas de distribuição espacial com auxílio da geoestatística. A criação e ajustes de modelos à semivariogramas experimentais (Vieira, 2000) foi realizado com dados da Tabela 2 com auxílio do software Surfer® (Golden Software, 2011).

Tabela 2 - Análises geostatísticas para os atributos de solo e de vegetação avaliados.

| Atributos | Modelo | Ep (c0) | Cont (c1) | Patamar (c0+c1) | Alcance (a) |
|------------------------|-------------|----------|-----------|-----------------|-------------|
| Altitude | Esférico | 0,2 | 6,1 | 6,3 | 340 |
| Argila ₂₀ | Esférico | 1.350 | 3.300 | 4650 | 150 |
| Areia ₂₀ | Esférico | 200 | 2200 | 2400 | 400 |
| CE ₂₀ | Esférico | 5 | 60 | 65 | 138 |
| T ₂₀ | Pepita puro | 0,44 | -- | -- | -- |
| Pmehlich ₂₀ | Esférico | 300 | 2.600 | 2.900 | 160 |
| RP ₂₀ | Esférico | 1.000 | 60.000 | 70.000 | 190 |
| MOS ₂₀ | Esférico | 0,01 | 0,185 | 0,195 | 180 |
| Estande | Esférico | 10000000 | 800000000 | 810000000 | 378 |
| Produtividade | Esférico | 80.000 | 55.000 | 135.000 | 250 |

¹CE: condutividade elétrica do solo; T: CTC potencial; P-mehlich: Fósforo disponível no solo; RP: resistência a penetração; MOS: Matéria Orgânica do Solo. ²Co: efeito pepita; Co+C1: patamar; a: alcance.

Fonte: Autoria própria

Houve diferença nos ajustes de modelo para os atributos cujo melhores ajustes tenderam para a modelagem esférica, estando em desacordo com Bertolani; Vieira (2001) e Souza *et al.* (2004) que sugerem ajustes com modelo gaussiano.

Um dos principais parâmetros dos semivariogramas (Figura 3) é o alcance (a), definido pela distância máxima em que os pontos amostrais de uma variável apresentam continuidade espacial (homogeneidade) (Lemos Filho *et al.*, 2008; Chaves; Farias, 2009).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, os valores de alcance variaram de 138 a 400 m, sendo, a condutividade e a areia com o menor e maior valor encontrado respectivamente. Portanto, pode-se assumir que a malha de um ponto por hectare foi adequada para a coleta de dados para o mapeamento das variáveis, pois os modelos geostatísticos foram ajustados em alcances (a) superiores a 100 m.

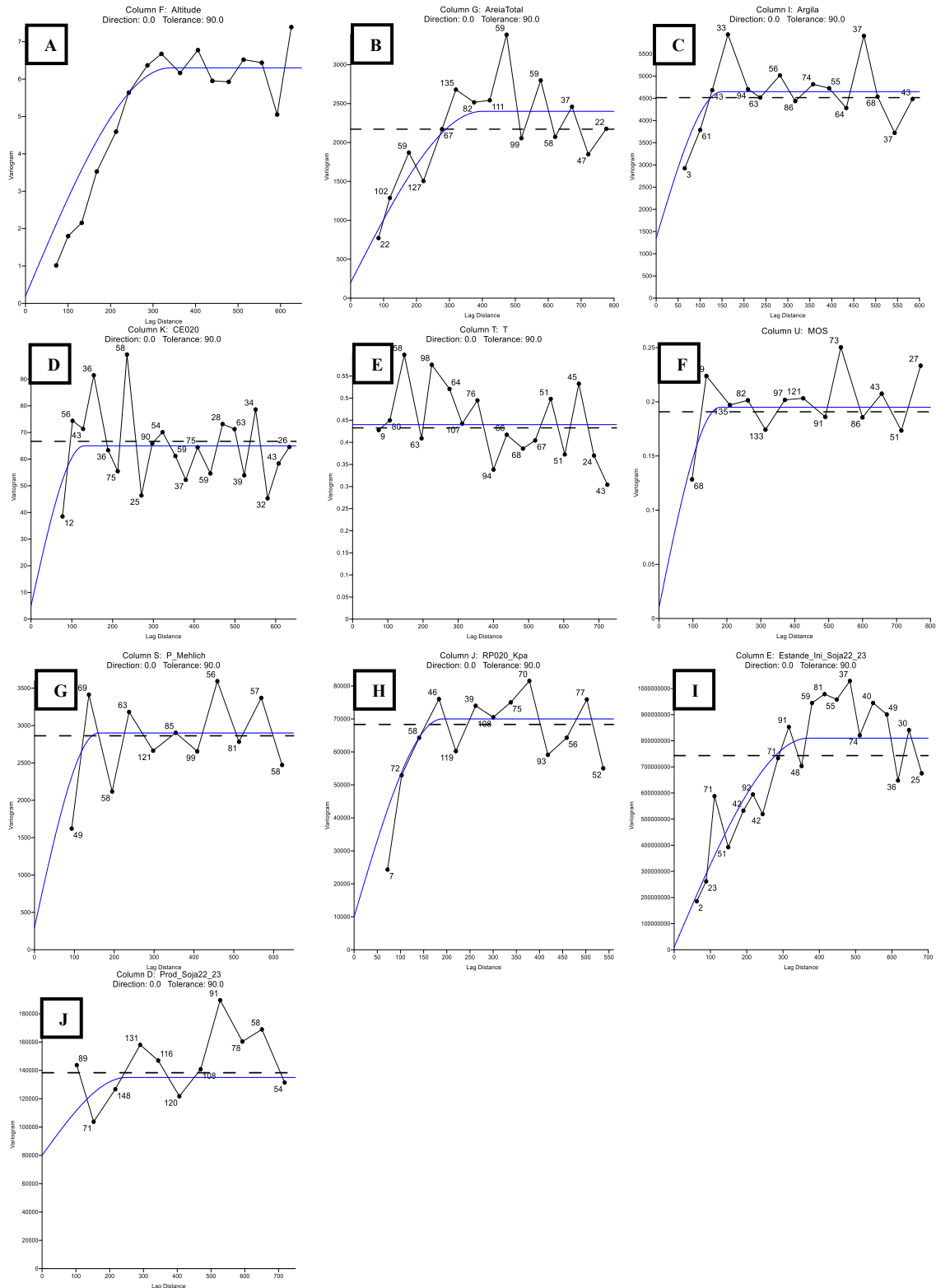
De acordo com Oda-Souza *et al.* (2008) a variável matéria orgânica do solo que apresentou efeito pepita (Co), próximos a zero, o que indica baixo erro amostral. Vieira (2000) indicou que o efeito pepita é importante parâmetro de análise dos atributos, uma vez que, quanto maior a diferença entre o Co e o patamar do semivariograma (Figura 3), maior a confiança pode-se ter na estimativa.

No ambiente Qgis juntamente com o plugin Smart Map (SMP), foi possível a interpolação de cada atributo, sendo possível distinguir de forma gradual a expressão de deles na área experimental por meio dos mapas gerados. A interpolação por krigagem é uma importante ferramenta para o estudo dos comportamentos espaciais, como pode-se observar na Figura 4.

De modo geral para os atributos de resistência a penetração e matéria orgânica do solo (Figura 4H e 4F, respectivamente), apresentaram comportamentos homogêneos, onde a resistência se manteve em baixos índices e a matéria orgânica em elevada presença em praticamente toda a área experimental. Ao analisar as Figuras 4A, 4B e 4C é notável que a parte inferior das imagens a esquerda são os locais com menor altitude da área experimental. Estes locais são caracterizados por baixos índices de teores de argila e altos níveis de areia. Nesta mesma região é observada baixa condutividade elétrica do solo (Figura 4D).

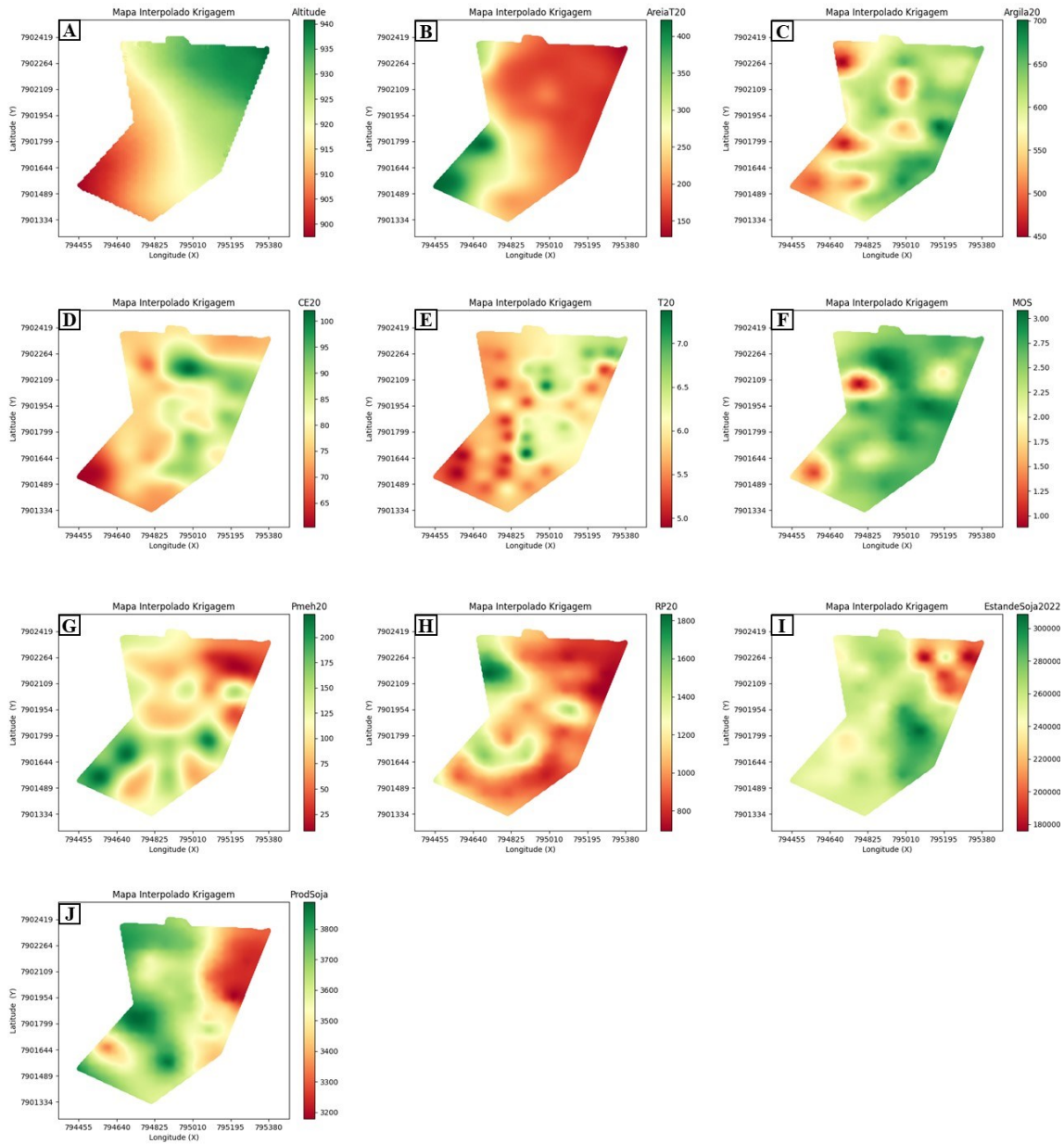
De acordo com Ceccon *et al.* (2018), solos com maiores teores de argila apresentam atributos físicos e químicos que contribuem para o melhor desenvolvimento de uma cultura, contribuindo para maiores produtividades. Enquanto, que para solos de textura arenosa possuem deficiência nutricional que dificultam os melhores desenvolvimentos das lavouras (Tahir; Marschner, 2017). Dito isto, nos mapas espaciais interpolados da Figura 4I (estande inicial plantas de soja) e 4J (produtividade de sementes de soja) foi observado que a região superior direita apresentou os menores índices de estande e produtividade, indicando comportamento contrário, pois esta região apresenta baixos teores de areia e elevados teores de argila.

Figura 3 - Semivariogramas dos atributos de definição das Zonas de Manejo por meio do software Surfer®: altitude (A), areia total (B), argila (C), condutividade elétrica do solo (D), CTC potencial (E), matéria orgânica do solo (F), fósforo disponível no solo (G), resistência a penetração (H), estande inicial e plantas (I), produtividade de sementes de soja (J).



Fonte: Acervo pessoal

Figura 4 - Mapas espaciais interpolados por krigagem dos atributos de solo (altitude (A), areia total (B), argila (C), condutividade elétrica do solo (D), CTC potencial (E), matéria orgânica do solo (F), fósforo disponível no solo (G), resistência a penetração do solo (H), e índices de vegetação (estande inicial de plantas de soja (I), produtividade de sementes de soja (J)) gerados em ambiente Qgis, após os ajustes dos semivariogramas por meio do software Surfer®.

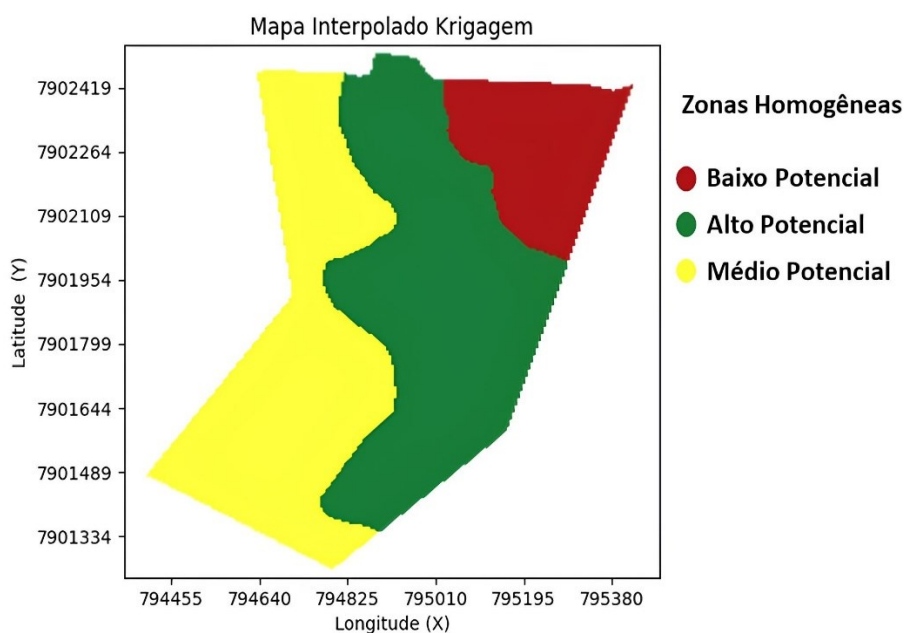


Fonte: Acervo pessoal

3.2 Definição das zonas de manejo em campo de produção de sementes de soja

Foi possível distinguir na área experimental três (3) zonas de manejo de acordo com seu potencial, classificando-as em alto, médio e baixo potencial produtivo (Figura 5), por meio dos atributos altitude, areia total, argila, condutividade elétrica do solo, CTC potencial, matéria orgânica do solo, fósforo disponível no solo, resistência a penetração do solo, e índices de vegetação (estande inicial de plantas e produtividade de sementes de soja). Na literatura encontra-se a divisão dos talhões em diferentes zonas de manejo a partir de atributos como areia e argila, altitude e produtividade (Melo *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2017; Umbelino *et al.*, 2018).

Figura 5 - Mapa de zonas de manejo para área experimental, com destaque para as zonas de alto potencial (verde), médio potencial (amarelo) e baixo potencial (vermelho).



Fonte: Acervo pessoal

3.2 Variabilidade da qualidade de sementes de soja em função das zonas de manejo (ZM)

Na análise descrita dos dados é possível verificar que há variações entre os valores mínimos e máximos dos atributos de qualidade fisiológica das sementes de soja (Tabela 3. Isso pode ter ocorrido devido a influência de fatores bióticos e abióticos, assim como aos aspectos físico-químicos do solo, clima quente, estresse fisiológico das plantas e o

elevado índice de chuvas na fase de cultivo, afetando a qualidade das sementes de soja (Vieira *et al.*, 2010).

Tabela 3 - Análise descritiva realizada a partir dos resultados dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, massa seca, emergência, condutividade elétrica, tetrazólio classes 1, 2 e 3 de sementes e plântulas de soja advindas de diferentes zonas de manejo.

| Atributos Fisiológicos (n=48) | Mínimo | Máximo | Média | Mediana | C.V. (%) |
|---|---------------|---------------|--------------|----------------|-----------------|
| Germinação (%) | 71 | 96 | 84 | 84 | 17,6 |
| Env. acelerado (%) | 76 | 90 | 84 | 85 | 5,1 |
| Massa seca (g) | 0,3 | 1,4 | 1,0 | 1,1 | 21,7 |
| Emergência (%) | 48 | 98 | 88 | 92 | 10,5 |
| Cond. elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) | 25,5 | 88,2 | 49,2 | 46,1 | 25,9 |
| Tetrazólio 1 (%) | 19 | 66 | 40 | 40 | 22,7 |
| Tetrazólio 2 (%) | 21 | 60 | 40 | 40 | 22,2 |
| Tetrazólio 3 (%) | 6 | 40 | 19 | 18 | 39,3 |

*C.V. (%): coeficiente de variação, em %.

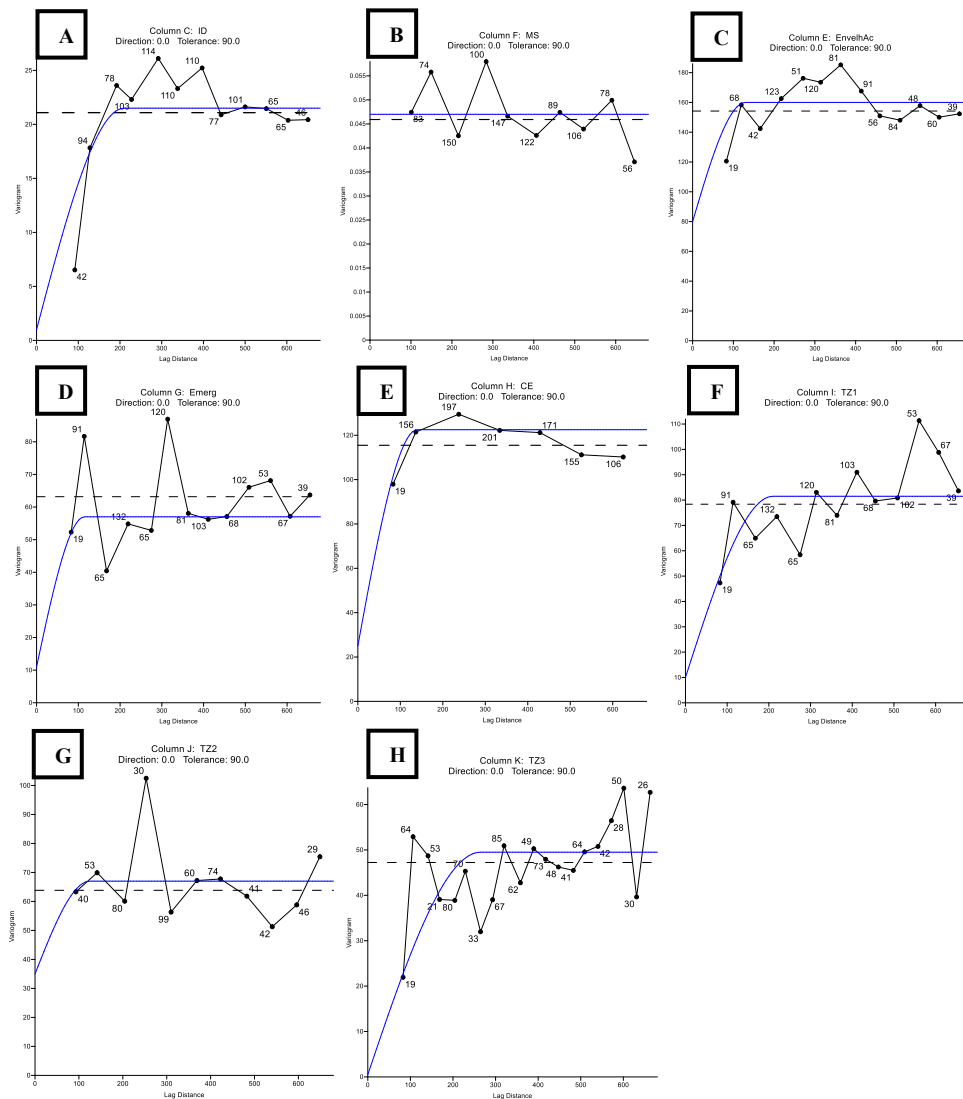
Fonte: Acervo pessoal

Ao examinar os dados verifica-se que o menor coeficiente de variação (%) foi para o Envelhecimento acelerado (5,1%) e Emergência (10,5%). O maior coeficiente de variação foi para os dados de Tetrazólio Classe 3 (39,3%) (Tabela 3). Isso pode significar variações drásticas nos dados, devido aos efeitos bióticos e abióticos que ocorreram na área experimental, ocasionando a mortalidade das sementes. Os valores próximos à média e à mediana indicam um comportamento similar ao normal (Gomes, 2009). É importante salientar a proximidade dos valores encontrados para os atributos Tetrazólio classe 1 e Tetrazólio classe 2, pois nessas classes as sementes de soja estão vivas se diferenciando quanto ao vigor (França-Neto; Krzyzanowski, 2022).

O comportamento espacial é válido para a maioria dos atributos avaliados, conforme relatou Vieira (2000). Os atributos da qualidade de sementes de soja avaliados por meio dos testes de envelhecimento acelerado, emergência, condutividade elétrica e tetrazólio (classe 1, classe 2 e classe 3) apresentaram semivariogramas com ajuste por meio de modelo esférico (Figura 6). A germinação e massa seca apresentam efeito pepita puro, impossibilitando a modelagem de semivariogramas para estes atributos. Possivelmente, isso ocorreu devido o teste de germinação ser realizado em condições ideais de luz, temperatura, umidade e oxigênio (Brasil, 2009). Já no teste de massa seca, foram utilizadas as plântulas normais provenientes do teste de germinação. A ausência de ajuste de modelos significa que há independência entre as amostras, assim como uma

distribuição espacial ao acaso. Uma análise futura de dependência espacial para esses atributos deverá considerar uma malha com mais de 1 ponto/ha. Em relação aos semivariogramas, o alcance observado apresentou variação de 220 a 350 m, com os maiores valores para o envelhecimento acelerado, emergência, tetrazólio 1 e 3. O alcance representa a distância máxima em que as amostras estão correlacionadas espacialmente entre si (Chaves; Farias, 2009), ou seja, após essa distância as amostras não possuem relação espacial.

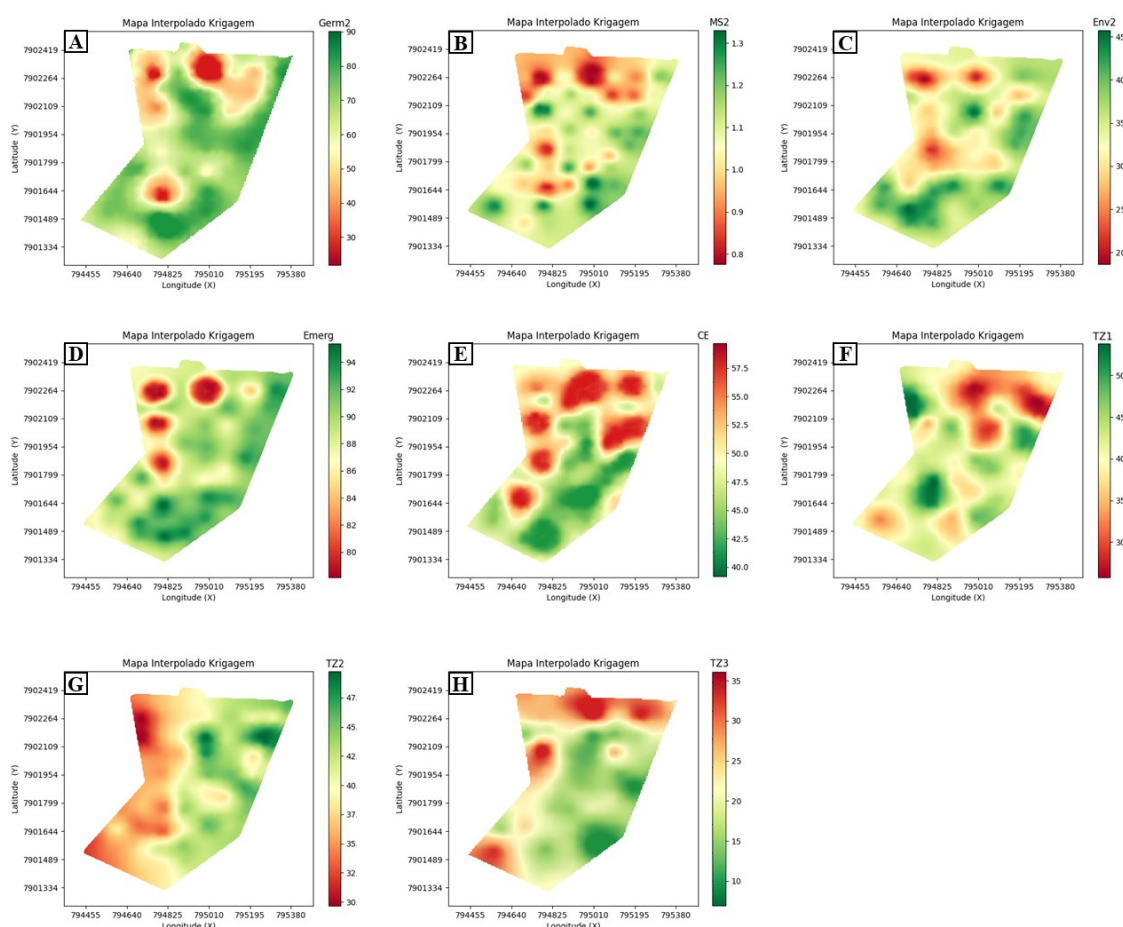
Figura 6 - Semivariogramas ajustados por meio do software Surfer® a partir dos resultados dos testes de germinação (A), massa seca (B), envelhecimento acelerado (C), emergência (D), condutividade elétrica (E), tetrazólio classes 1 (F), 2 (G) e 3 (H) de sementes e plântulas de soja advindas de diferentes zonas de manejo.



Fonte: Acervo pessoal

A interação dos resultados da distribuição espacial dos componentes da qualidade, associada ao mapeamento georreferenciado, proporcionou a identificação de regiões com sementes de alto e baixo vigor dentro do campo de produção. A partir dos mapas gerados é possível observar o comportamento espacial dos resultados da avaliação da qualidade fisiológica das sementes de soja nas diferentes zonas de manejo (Figura 7).

Figura 7 - Mapas espaciais interpolados por krigagem em ambiente Qgis a partir dos resultados dos testes de germinação (A), massa seca (B), envelhecimento acelerado (C), emergência (D), condutividade elétrica (E), tetrazólio classes 1 (F), 2 (G) e 3 (H) de sementes e plântulas de soja advindas de diferentes zonas de manejo.



Fonte: Acervo pessoal

A germinação máxima das sementes de soja foi de 91%, atendendo ao padrão mínimo de germinação para comercialização (80%) estabelecido pela legislação (Brasil, 2013). Os percentuais de germinação variaram em 74% nas diferentes zonas de manejo. Analisando os dados relativos ao teste de germinação, é possível observar um coeficiente de variação de 17,6% (Tabela 2). A qualidade inicial das sementes pode ter sido fortemente influenciada pelas condições climáticas na pré-colheita devida a alta umidade

ocasionada por chuvas que variam entre 5 e 70 mm (Figura 2). Após a maturidade fisiológica, a semente é desligada fisiologicamente da planta mãe, enfrentando a exposição a condições ambientais, que podem ser desfavoráveis (Peske; Barros; Schuch, 2012).

No teste de Tetrazólio classe 3 foi verificado o maior coeficiente de variação (39,3%), mostrando que a viabilidade se apresenta mais sensível às variações ambientais. Segundo Delouche (2002), durante o processo de deterioração das sementes, a perda da capacidade de germinar é o último processo antes da morte da semente, enquanto os testes de vigor, se baseiam em eventos que acontecem anteriormente.

Ao analisar os mapas interpolados da germinação, envelhecimento acelerado, massa seca, emergência, tetrazólio classe 1 (Figura 7) é possível observar que a parte superior dos mapas se encontram com coloração avermelhada, descrevendo-se os menores resultados, o que justifica uma relação direta entre estes atributos. Neste mesmo princípio, observa-se valores elevados (coloração avermelhada) de condutividade elétrica nos mesmos locais de produção com sementes de qualidade inferior. Isso indica uma maior liberação de conteúdos intracelulares das sementes (Couto *et al.*, 2021), ou seja, um maior nível de deterioração é observado nesta localidade a partir da interpolação dos mapas. A região no mapa que apresentou maior emergência, apresentou menor condutividade elétrica, o que significa dizer que a semente produzida nesta região tende a possuir maior qualidade fisiológica. Corrêa *et al.* (2022) verificaram similaridade entre os mapas de emergência, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica.

De acordo com Mattioni *et al.* (2011) e Vergara *et al.* (2019) os testes de vigor permitem um melhor diagnóstico da qualidade fisiológica das sementes, pois apresentam maior sensibilidade na detecção da deterioração, possibilitando com o estudo da variabilidade espacial e mapeamento, distinguir com maior precisão as regiões dentro do campo de produção que possuem sementes com qualidade superior.

Por meio dos mapas gerados a partir dos dados de tetrazólio é possível observar que na zona caracterizada como de baixo potencial (Figura 5) houve menor produção de sementes classificadas na Classe 1 (Alto vigor). Na zona de alto de potencial houve uma relação inversamente proporcional produzindo menos sementes classificadas na Classe 3 (sementes não viáveis). Na classe 3 foi verificada alta incidência de danos por umidade, danos mecânicos e por percevejos culminando na morte das sementes de soja. Altos índices de dano por percevejo e umidade estão diretamente relacionados à redução do vigor das sementes de soja (França-Neto; Krzyzanowski, 2022). Com a espacialização

dos resultados do teste de tetrazólio é possível evidenciar a distribuição desses danos na área de produção, sendo possível a identificação as regiões de maior intensidade (Gazolla Neto *et al.*, 2015; Gazolla Neto *et al.*, 2017).

Mesmo com todas as ferramentas disponíveis para o manejo da lavoura, buscando máximas produtividades e no caso das sementes alta qualidade fisiológica, isso nem sempre é possível, pois apesar de toda tecnologia disponível, a quantidade de sementes provenientes de algumas regiões tem sido severamente comprometida em função dos elevados índices de deterioração por umidade, de lesões por percevejos, por quebras, ruptura de tegumento e danos mecânicos (Mattioni *et al.*, 2011).

A geoestatística permite determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica das sementes de soja na área de produção de sementes, facilitando a tomada de decisão, quanto às áreas a serem colhidas (Vergara *et al.*, 2019), pois os mapas obtidos por meio da interpolação dos dados é uma ferramenta da gestão de qualidade de sementes que permite a definição de áreas a serem colhidas e descartadas dentro de um campo de produção de sementes (Mattioni *et al.*, 2011; Castellanos *et al.*, 2022).

Assim, por meio da geoestatística e da variabilidade da qualidade das sementes de soja é possível tomar decisões mais assertivas, principalmente no direcionamento da colheita, para obter lotes de sementes com alta qualidade.

4 Conclusões

Os atributos analisados, permitem a validação das zonas de manejo a partir de atributos de qualidade das sementes de soja.

A qualidade fisiológica das sementes não é uniforme no campo de produção, principalmente em relação ao vigor, proporcionando melhor diagnóstico por meio da interpolação dos mapas.

A geoestatística possibilita determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em área de produção de sementes, facilitando a tomada de decisão, no que se refere às áreas a serem colhidas.

REFERÊNCIAS

- BAGATELI, J. R. *et al.* Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n.2, p. 151-159, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n2199320>
- BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 987-995, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218240021>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf
- BRASIL. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Institui os Padrões para a produção e a comercialização de sementes. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 181, p.16-38, 18 set. 2013. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrede2013.pdf.
- CASTELLANOS, C. I. S. *et al.* Influence of spatial soil variability on productivity and physiological quality of soybean seeds. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 14, n. e20221660, p. 1-16, 2022. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v14n120221660>
- CATÃO, H. C. R. M.; HURTADO, S. M. C. Chemical treatment and storage of sorghum seeds produced in different management zones. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 45, n. e202345004, p. 1-14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45265644>
- CECCON, G. *et al.* Consórcio milho-braquiária com densidades populacionais da forrageira no centro-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 157-167, 2018. Disponível em: https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/751/pdf_1
- CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, p. 211-218, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195318233007.pdf>.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento, março 2023. Brasília, DF: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- CORRÊA, M.F. *et al.* Análise de variabilidade espacial e temporal em um campo de produção de sementes de soja e trigo. **Revista Cereus**, Gurupi v.13, n.4, p.182-194, 2021. <http://ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/3606>
- CORRÊA, M. F. *et al.* Spatial variability of soil in soybean seed production and its yield components. **Diversitas Journal**, Alagoas, v. 7, n. 2, p. 542– 554, 2022. DOI: 10.48017/dj.v7i2.2058.

COUTO, A. P. S. *et al.* Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Roskilde, v. 42, n. 6, p. 3135–3148, 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n6p3135.

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, Pelotas, v.6, n.6, p.24-31, 2002. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/2018-germinacao-deterioracao-e-vigor-da-semente-edicao-dezembro-2002>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023**. Roma [s.n.], 2022. E-book (316 p.). ISBN 978-92-5-137226-5. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc3017en>. Acesso em: 12 fev. 2024.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. **Documentos**, 449. Londrina: Embrapa Soja. 111 p. 2022.

GAZOLLA-NETO, A. *et al.* Spatial distribution of physiological quality of soybean seed production field. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 119-127, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n314rc>.

GAZOLLA-NETO, A. *et al.* Rastreabilidade e variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes soja em campo de produção. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, Frederico Westphalen, v. 1, n. 1, p. 65-73, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318507650_RASTREABILIDADE_E_VARIABILIDADE_ESPACIAL_DA_QUALIDADE_FISIOLOGICA_DE_SEMENTES_SOJA_EM_CAMPO_DE_PRODUCAO_Traceability_and_spatial_variability_to_assess_physiological_quality_of_soybean_seeds_on_product.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer plotting software information brochure**. Versão 10.1.561 (32-bit). Golden Software, 2011.

GOMES, Frederico Pimentel. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. ISBN: 9788571330559.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia: con un estudio de los climas de La tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA-NETO, Jose de Barros; HENNING, Ademir Assis. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. Circular Técnica, 136 (24 p.). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>.

LEMOS FILHO L. C. A. *et al.* Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 39, n. 2, p. 193-202, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195317754002>

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020. p.185-237. ISBN: 978-65-992000-0-7

MATTIONI, N. M. *et al.* Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 608-615, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400002>.

MELO, B. M. R. *et al.* Zonas de manejo em função de propriedades de solo, relevo e produtividade da lavoura cafeeira. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 2, p. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v9n22017924>.

ODA-SOUZA, M. *et al.* Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um ensaio de espaçamento florestal em delineamento sistemático tipo leque. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 499-509, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300011>.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. Produção de Sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Universitária, 2012. cap. 2, p. 13-100. ISBN: 85-7192-320-5

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. OpenSource Geospatial Foundation Project. 2015.

SANTOS, Flávio Souza. **Seleção de variáveis e definição de zonas de manejo para agricultura de precisão**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SOUZA, Z. M. *et al.* Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 491-499, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000500012>.

TAHIR, S.; MARSCHNER, P. Clay addition to sandy soil reduces nutrient leaching—effect of clay concentration and ped size. **Communications in soil science and plant analysis**, Londres, v. 48, n. 15, p. 1813-1821, 2017.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Brasília DF: EMBRAPA, 2017. 577 p. ISBN: 978-85-7035-771-7.

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, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>. Acesso em: 09 jan. 2024.

UMBELINO, A. S. *et al.* Definições de zona de manejo para soja de alta produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 674-682, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA18092>.

VERGARA, R. O. *et al.* Space distribution of soybean seed storage potential. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 399-410, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n213rc>.

VIEIRA, R.D.; MARCOS-FILHO, J. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020. ISBN: 978-65-992000-0-7

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. de.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2000. p. 1-54.

VIEIRA, S.R. *et al.* Variabilidade espacial dos teores foliares de nutrientes e da produtividade da soja em dois anos de cultivo em um Latossolo Vermelho. **Revista**

Brasileira Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1503-1514, 2010. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500003>.

TRATAMENTO QUÍMICO INDUSTRIAL E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS EM DIFERENTES ZONAS DE MANEJO

RESUMO

A Agricultura de Precisão é uma técnica para coletar informações sobre atributos nas áreas de produção os quais podem ser expressas na forma de mapas definindo-se zonas de manejo. Não é sabido, mas pode ser que sementes produzidas em diferentes zonas de manejo tenham qualidade distinta, após o tratamento e armazenamento por período prolongado. Objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo, após o tratamento químico e o armazenamento de sementes. Após a colheita, as sementes provenientes das zonas de alto e baixo potencial, foram tratadas com Thiamethoxam, Imidacloprid + Thiodicarb, Fludioxonil + Metalaxil-M, Clorantraniliprole, Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico, Ciantraniliprole e Controle sem tratamento, sendo destinadas ao armazenamento por 0, 45, 90, 135 e 180 dias em câmara fria a 15° C e 55% de umidade relativa. A qualidade das sementes foi mensurada por meio dos testes de germinação, massa seca de plântulas normais, germinação com pré-condicionamento, germinação em rolo de papel + vermiculita, envelhecimento acelerado, envelhecimento acelerado modificado em substrato, condutividade elétrica, deterioração controlada, emergência em casa de vegetação, I.V.E. e tetrazólio. O delineamento inteiramente casualizado foi o utilizado. Os tratamentos de sementes de soja com inseticidas causam maior fitotoxidez no armazenamento em ambas as zonas de manejo. Sementes de soja produzidas em zonas de alto potencial possuem alta qualidade fisiológica e com menor deterioração no armazenamento. Sementes de soja produzidas em zonas de baixo potencial tratadas com inseticidas mediante aumento dos períodos de armazenamento apresentam menor vigor devido a deterioração e fitotoxidez das sementes.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill.; agricultura de precisão; produtos fitossanitários; toxicidade; armazenabilidade.

INDUSTRIAL CHEMICAL TREATMENT AND STORAGE OF SOYBEAN SEEDS PRODUCED IN DIFFERENT MANAGEMENT ZONES

ABSTRACT

Precision Agriculture is a technique for collecting information on attributes within production areas, which can be expressed in the form of maps defining management zones. While it is not well-established, seeds produced in different management zones may exhibit distinct quality after treatment and prolonged storage. This study aimed to evaluate the physiological quality of soybean seeds produced in different management zones after chemical treatment and storage. Following harvest, seeds from high and low potential zones were treated with Thiamethoxam, Imidacloprid + Thiodicarb, Fludioxonil + Metalaxyl-M, Chlorantraniliprole, Fipronil + Pyraclostrobin + Thiophanate-methyl, Cyantraniliprole, and a control with no treatment. These seeds were then stored for 0, 45, 90, 135, and 180 days in a cold chamber at 15°C and 55% relative humidity. Seed quality was assessed using tests for germination, dry mass of normal seedlings, germination with pre-conditioning, germination on paper roll + vermiculite, accelerated aging, modified accelerated aging on substrate, electrical conductivity, controlled deterioration, emergence in a growth chamber, vigor index, and tetrazolium. A completely randomized design was employed. Insecticide treatments caused higher phytotoxicity during storage in both management zones. Soybean seeds produced in high potential zones exhibited high physiological quality with less deterioration during storage. Soybean seeds produced in low potential zones, when treated with insecticides and subjected to extended storage periods, showed reduced vigor due to seed deterioration and phytotoxicity.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill; precision agriculture; plant protection products; toxicity; storability.

CAPÍTULO 2 - TRATAMENTO QUÍMICO INDUSTRIAL E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS EM DIFERENTES ZONAS DE MANEJO

1 Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) possui um grande impacto no setor econômico e produtivo em escala nacional e internacional, tal feito é devido as características das sementes e grãos da cultura, sendo ricas em proteínas e lipídeos (aleuro-oleaginosa). A soja conseguiu o patamar de ser uma das principais *commodities* agrícolas do Brasil e mundo (CONAB, 2023; Wang *et al.*, 2023; Ginn, 2024).

O aumento de produção e a expansão da área plantada são obtidos em função da tecnologia utilizada, em especial ao uso de sementes de alta qualidade, indispensável para o sucesso de qualquer lavoura, quer seja para a produção de grãos ou de sementes (Lopes *et al.*, 2002). Sementes que apresentem um alto potencial fisiológico devem ser utilizadas, pois as mesmas possuem características e atributos desejáveis para enfrentar diversos tipos de estresses bióticos e abióticos durante todo o ciclo da cultura (Catão *et al.*, 2019).

Nesse sentido, algumas técnicas têm se tornado de grande utilidade na produção de sementes. A Agricultura de Precisão é uma técnica para coletar informações sobre atributos químicos e físicos do solo, condições da cultura, topografia e produtividade, associando-as a sua localização, as quais podem ser expressas na forma de mapas que demonstram a distribuição espacial e temporal dos atributos observados (Corrêa *et al.*, 2021). A agricultura de precisão não considera a lavoura como um todo, mas por zonas de manejo ou unidades de gestão referenciada, que são subáreas com a mesma tendência de resposta à produtividade (Milani *et al.*, 2006). As zonas de manejo são definidas de acordo com o potencial de produtividade (baixa, média ou alta), portanto, não sendo tratadas com homogeneidade, permitindo desta maneira a aplicação localizada de insumos e plantio de sementes em taxa variada (Milani *et al.*, 2006).

O tratamento industrial de sementes também é outra ferramenta utilizada visando o incremento na produtividade e proteção das sementes contra agentes bióticos. Consiste na aplicação de defensivos químicos como inseticidas e fungicidas, ou produtos biológicos com o intuito de conferir às sementes condições de defesa contra pragas e patógenos, garantindo seu estande inicial e conseqüentemente maiores chances de

grandes produtividades, a utilização desta ferramenta já é rotineira em todo o território brasileiro (Carvalho *et al.*, 2020).

Embora o uso dos defensivos químicos no tratamento de sementes seja considerado um dos métodos mais eficientes para a aplicação de produtos fitossanitários, alguns produtos, quando aplicados às sementes, podem, em determinadas situações, ocasionar redução na germinação, vigor e no potencial de armazenamento, devido ao efeito de fitotóxico (Carvalho *et al.*, 2020).

A inviabilização e a redução do vigor das sementes por meio do tratamento com ingredientes químicos em conjunto com o armazenamento prolongado é uma situação mencionada por Brzezinski *et al.* (2015), Ferreira *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2018), que eventualmente pode afetar negativamente a qualidade fisiológica das sementes. No entanto, é necessário esclarecer a relação entre produtos fitossanitários e sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo. Catão e Hurtado (2023) evidenciaram que sementes de sorgo produzidas em zonas de manejo de baixo potencial tratadas com inseticidas mediante aumento dos períodos de armazenamento apresentaram menor vigor devido a deterioração e fitotoxidez ocasionados nas sementes e plântulas.

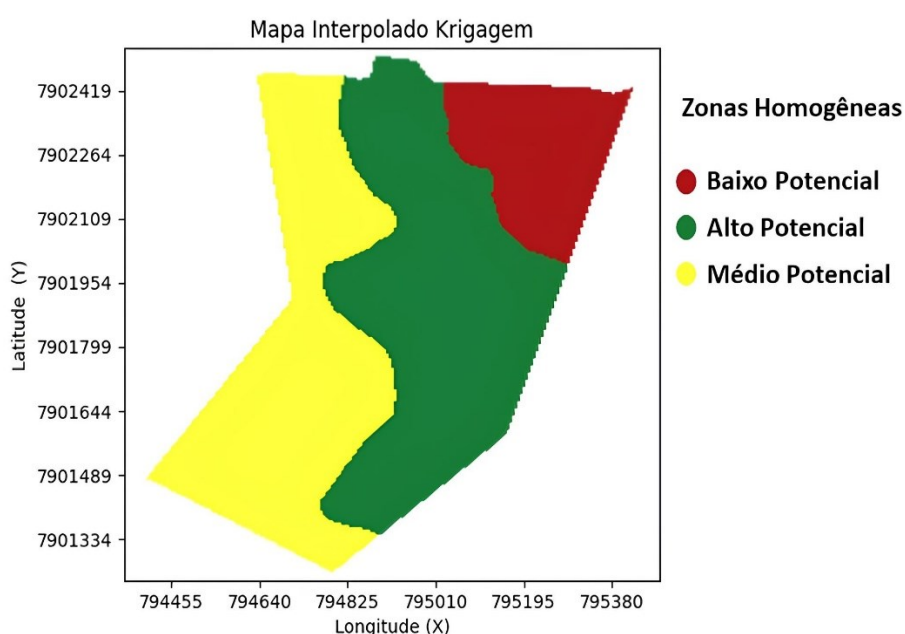
Considerando o avanço da adoção do tratamento industrial pelas empresas produtoras de sementes e que a qualidade fisiológica não é uniforme, ocorrendo distribuição espacial (variabilidade) no campo de produção, principalmente em relação ao vigor, torna-se de suma importância o monitoramento de sementes, principalmente envolvendo a cultura da soja e moléculas inseticidas. Diante disto, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo, após o tratamento químico industrial e o armazenamento de sementes.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no 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). A área de estudo, de 48 ha, possui altitude média de 920 m cujo solo é classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico.

Previamente, foi delimitada uma malha regular, sistematicamente aleatorizada, com 48 pontos de amostragem. O reconhecimento dos pontos a campo e a obtenção de dados de elevação foi realizado com auxílio do sistema global de navegação por satélite - GNSS, a partir do GPS de navegação marca Garmin e-Trex Vista®, munido com altímetro barométrico. As zonas de manejo foram definidas com auxílio do plugin Smart Map - SMP, em ambiente Qgis (Qgis Development Team, 2015) (Figura 1). 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-mehlich, e resistência a penetração, estande inicial e produtividade de sementes de soja.

Figura 1 - Área experimental e mapa de zonas homogêneas para área experimental com destaque para as zonas de alto potencial (verde), médio potencial (amarelo) e baixo potencial (vermelho).



Fonte: O próprio autor.

Inicialmente as sementes de soja provenientes das zonas de manejo de alto e baixo potencial produtivo foram colhidas manualmente com grau de umidade de 13,1% e 14,1%, respectivamente, em parcelas experimentais previamente delimitadas (8m²: 4 linhas (4 m) x espaçadas 0,5 m) em estádio V1-V2. Posteriormente, 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[®] (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[®] Intense: 100 mL/100 kg sementes) e Pó secante (PolyDry BR 100[®]: 100 g/100 kg sementes). O volume da calda foi padronizado em 600 mL.100 kg⁻¹ de sementes. A dosagem 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 (Pc²), dose de Maxim XL³, dose de polímero (Pol⁴), dose de água⁵ e pó secante (Psc⁶) para o tratamento de sementes de soja.

| N | IA | PC | Tipo ¹ | Dosagem | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | | | | Pc ² | Maxim XL ³ | Pol ⁴ | Água ⁵ | Psc ⁶ |
| 1 | Thiamethoxam | Cruiser 350 FS | I | 300 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | Imidacloprid + Thiodicarb | CropStar | I+I | 300 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | Fludioxonil + Metalaxil-M | Maxim XL | F+F | 100 | - | 100 | 400 | 100 |
| 4 | Clorantraniliprole Fipronil + | Dermacor | I | 100 | 100 | 100 | 300 | 100 |
| 5 | Piraclostrobina + Tiofanato-metilico | Standak Top | F+F+I | 200 | 100 | 100 | 200 | 100 |
| 6 | Ciantraniliprole | Fortenza 600 FS | I | 200 | 100 | 100 | 200 | 100 |
| 7 | Controle | - | - | - | - | 100 | 500 | 100 |

Tipo¹: I: Inseticida; F: Fungicida; Pc²: mL.100kg⁻¹; Maxim XL³: mL.100kg⁻¹; Psc⁴: g.100kg⁻¹; Pol⁵: mL.100kg⁻¹; Água⁶: mL.100kg⁻¹; Volume de calda: 600 mL.100kg⁻¹ de sementes.

Fonte: O próprio autor.

Após o tratamento as sementes permaneceram em ambiente de laboratório durante 48 horas para a secagem e aderência dos produtos. Na sequência as sementes provenientes das zonas de alto e baixo potencial produtivo foram fracionadas em 5 porções de 400 gramas para cada zona de manejo.

Em seguida, foi realizado o armazenamento em câmara fria e seca em condições de temperatura de 15 °C e umidade relativa (UR) de 55%. As avaliações da qualidade fisiológica foram realizadas nos períodos: 0, 45, 90, 135 e 180 dias após o armazenamento. Ao longo do armazenamento as sementes foram avaliadas quanto a qualidade por meio dos testes:

Determinação do grau de umidade: avaliado pelo método de estufa a 105 °C (± 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 aos 8 dias (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Massa seca: realizada a partir das plântulas normais provenientes da leitura final do teste de germinação (8 dias). As plântulas foram submetidas a secagem na temperatura de 65 °C durante 72 horas em estufa de circulação forçada de ar. Após esse período o material foi pesado em balança de precisão de 0,001g. Os resultados foram expressos em g/plântula.

Germinação com pré-condicionamento: as sementes foram distribuídas uniformemente em telas metálicas formando uma única camada e foram colocadas em caixas de acrílico contendo em seu interior um volume de 40 mL de água. As caixas de cada tratamento foram acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. a uma temperatura de 25 °C por 16 horas, para a uniformização da umidade. Concluído o período de condicionamento, as sementes foram dispostas 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, sendo 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 na contagem final de 8 dias (Brasil, 2009). Foram avaliadas as plântulas normais, sendo 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). Em seguida, 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 na contagem final de 8 dias (Brasil, 2009). Foram avaliadas as plântulas normais sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

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 (%).

Envelhecimento acelerado modificado em substrato areia: 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 semeadas, a uma profundidade de 3 centímetros, em substrato areia acondicionadas em bandejas plásticas. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação a temperatura ambiente com duas irrigações diárias (matutino e vespertino) com aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água. A avaliação foi realizada ao quinto 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 e 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 a solução 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.

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 erro). 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, foi realizado 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 (%).

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 duas 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 (%).

Índice de velocidade de emergência (I.V.E.): as avaliações foram realizadas simultaneamente ao teste de emergência, computando-se, diariamente e sempre nos mesmos horários, o número de plântulas que emergiram (cotilédones expostos fora do

substrato). O cálculo do índice foi realizado de acordo com fórmula proposta por Maguire (1962).

Tetrazólio: o pré-condicionamento das sementes foi realizado com atmosfera úmida, em caixas de acrílico contendo 40 mL de água destilada em seu interior. As sementes foram dispostas nas caixas sob tela metálica formando uma camada única, com a finalidade de uniformizar o grau de umidade das sementes. As caixas devidamente fechadas foram acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. por um período de 24 horas, a 25 °C. Após este período as sementes foram inseridas em rolos de papel germinativo, umedecidos a 2,5 vezes o seu peso seco, acondicionadas em germinador Mangelsdorf por 16 horas, a 25 °C. Após este pré-condicionamento, as sementes foram divididas em 2 repetições de 25 sementes para cada tratamento em copos plásticos de 40 mL e então submersas em solução de tetrazólio (0,075%) e direcionadas em câmara do tipo B.O.D. a 40 °C por um período 3 horas. Após a coloração foi realizada as classificações das sementes de acordo com o França-Neto e Krzyzanowski (2022).

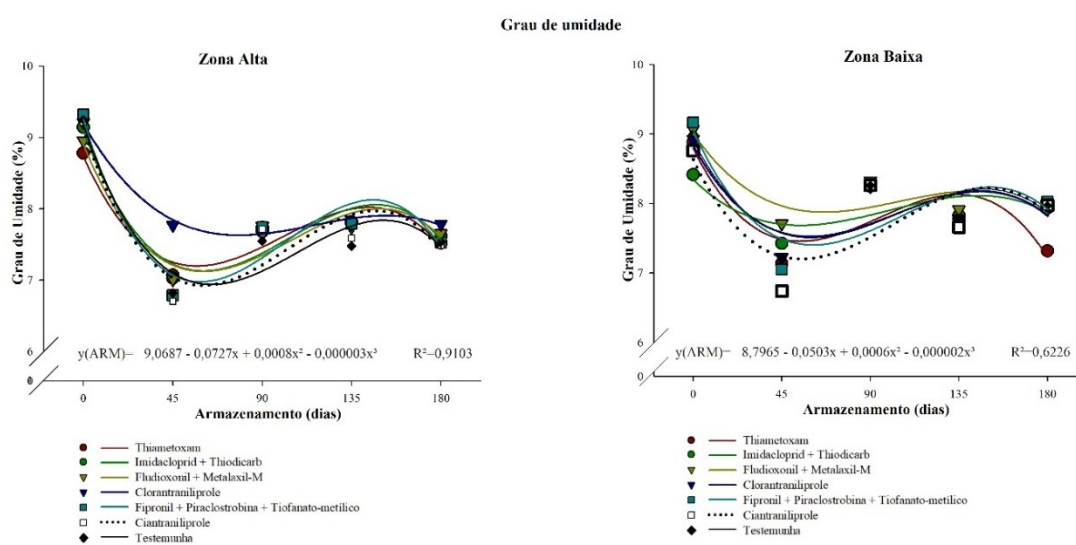
2.1 Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 7 x 5 (zonas de manejo x tratamento de sementes x períodos de armazenamento), com 4 repetições, exceto para o teste de tetrazólio com 2 repetições. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste F e a análise variância a 5% de probabilidade, e na ocorrência de efeitos significativos as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância ou com análises de regressões polinomiais com a escolha do modelo significativo de maior coeficiente de determinação. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software R 3.6® (R Core Team, 2023).

3 Resultados e Discussão

O grau de umidade das sementes de soja das zonas de alto e baixo manejo pode ser observado na Figura 2. De modo geral, observou-se que as sementes antes do armazenamento possuíam umidade entre 8,5 e 9,5% no período zero de armazenamento, independente da zona de manejo e do tratamento químico realizado. A diferença entre o menor e o maior percentual foi de 1%, garantindo confiabilidade nos resultados das avaliações do potencial fisiológico das sementes. Marcos-Filho (2015) ressaltou que amostras com diferenças entre 1 e 2% do teor de água não prejudicam os resultados e os testes podem ser realizados.

Figura 2 - 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); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor.

O teor de água das sementes reduziu aos 45 dias de armazenamento. Aos 135 dias houve aumento do teor de água, sendo em média 1% acima da umidade no período anterior do armazenamento. Esse aumento deve-se provavelmente a umidade relativa do ar e, conseqüentemente aumento no grau de umidade das sementes para restabelecer o equilíbrio higroscópico. Aos 180 dias de armazenamento houve redução do teor de água, entretanto, as sementes de soja provenientes da zona de baixo potencial tratadas com Thiametoxam houve maior redução. O aumento do nível de umidade é determinado pelo

gradiente de potencial hídrico entre as sementes e o ar atmosférico. Quando a diferença de potencial é zero, a transferência de água do ar ao redor é interrompida e as sementes se encontram em equilíbrio higroscópico (Carvalho, 1994).

A germinação das sementes da zona de alto potencial foi maior em todos os períodos de armazenamento, quando houve diferenças significativas (Tabela 3; Figura 3).

Tabela 3 - Germinação (%), germinação com pré-condicionamento (%) e germinação em rolo de papel + vermiculita (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

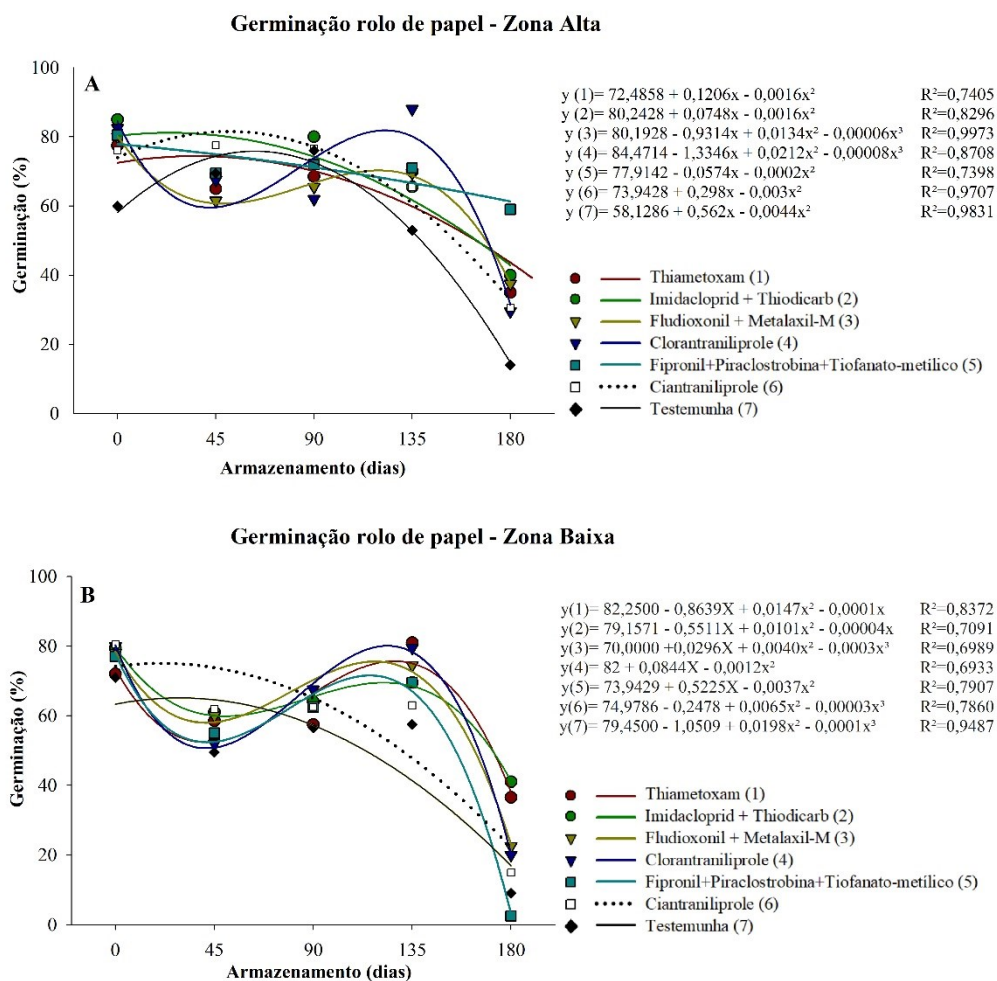
| ARM | TS | Germinação | | Germinação P.C. | | Germinação Vermiculita | |
|-----|----|----------------|------------|-----------------|------------|------------------------|------------|
| | | Zona Alta | Zona Baixa | Zona Alta | Zona Baixa | Zona Alta | Zona Baixa |
| 0 | 1 | 78 aA | 72 aA | 81 aA | 68 bA | 85 aA | 85 aA |
| | 2 | 83 aA | 80 aA | 78 aA | 73 aA | 79 aA | 91 aA |
| | 3 | 80 aA | 78 aA | 68 aA | 69 aA | 82 aA | 79 aA |
| | 4 | 83 aA | 80 aA | 84 aA | 68 bA | 85 aA | 85 aA |
| | 5 | 81 aA | 77 aA | 77 aA | 80 aA | 83 aA | 86 aA |
| | 6 | 76 aA | 81 aA | 74 aA | 69 aA | 88 aA | 86 aA |
| | 7 | 60 aB | 71 aA | 78 aA | 74 aA | 82 aA | 76 aA |
| 45 | 1 | 65 aA | 59 aA | 75 aB | 70 aA | 66 bA | 81 aA |
| | 2 | 69 aA | 61 aA | 78 aB | 78 aA | 70 aA | 78 aA |
| | 3 | 62 aA | 60 aA | 85 aA | 72 bA | 67 aA | 76 aA |
| | 4 | 68 aA | 52 bA | 83 aA | 70 bA | 74 aA | 77 aA |
| | 5 | 70 aA | 55 bA | 87 aA | 74 bA | 77 aA | 84 aA |
| | 6 | 78 aA | 62 bA | 80 aA | 62 bB | 70 aA | 74 aA |
| | 7 | 70 aA | 50 bA | 70 aB | 54 bB | 71 aA | 69 aA |
| 90 | 1 | 69 aB | 58 aA | 68 aA | 63 aB | 72 aA | 63 aB |
| | 2 | 80 aA | 64 bA | 70 aA | 74 aA | 73 aA | 51 bB |
| | 3 | 66 aB | 68 aA | 74 aA | 78 aA | 84 aA | 61 bB |
| | 4 | 62 aB | 68 aA | 72 aA | 81 aA | 63 aA | 66 aB |
| | 5 | 72 aA | 63 aA | 84 aA | 79 aA | 70 aA | 79 aA |
| | 6 | 77 aA | 63 bA | 73 aA | 77 aA | 73 aA | 63 aB |
| | 7 | 76 aA | 57 bA | 73 aA | 68 aB | 75 aA | 66 aB |
| 135 | 1 | 70 aB | 81 aA | 89 aA | 90 aA | 80 aA | 62 bB |
| | 2 | 66 aB | 70 aB | 90 aA | 85 aA | 65 aB | 61 aA |
| | 3 | 70 aB | 75 aA | 91 aA | 78 bA | 76 aA | 54 bB |
| | 4 | 88 aA | 70 aA | 82 aA | 91 aA | 77 aA | 59 bB |
| | 5 | 71 aB | 70 aB | 92 aA | 82 aA | 80 aA | 69 aA |
| | 6 | 66 aB | 63 aB | 87 aA | 86 aA | 71 aB | 54 bB |
| | 7 | 53 aC | 58 aB | 89 aA | 84 aA | 60 aB | 69 aA |
| 180 | 1 | 35 aB | 37 aA | 41 aB | 47 aA | 59 aA | 52 aB |
| | 2 | 40 aB | 41 aA | 55 aA | 37 aB | 31 bB | 54 aB |
| | 3 | 38 aB | 23 bB | 52 aA | 43 aA | 43 bB | 67 aA |
| | 4 | 30 aB | 20 aB | 53 aA | 31 bA | 48 bA | 64 aA |
| | 5 | 59 aA | 3 bC | 44 aB | 22 bB | 35 aB | 45 aB |
| | 6 | 31 aB | 15 bB | 51 aA | 31 bB | 43 bB | 72 aB |
| | 7 | 14 aC | 9 aC | 20 bC | 22 aB | 43 aB | 40 aB |
| | | CV (%) = 14,36 | | CV (%) = 10,57 | | CV (%) = 12,39 | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).

Fonte: O próprio autor.

Nos tratamentos com Clorantraniliprole, Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico, Ciantraniliprole e testemunha, a germinação foi reduzida após 45 dias de armazenamento. No entanto, aos 180 dias de armazenamento, em sementes tratadas da zona de alto potencial de manejo, houve maior germinação, com destaque ao tratamento com Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5). No tratamento com Clorantraniliprole (4) houve maior germinação aos zero dias de armazenamento, ao passo que aos 90 dias de armazenamento a germinação foi reduzida. Bem Júnior *et al.* (2020) relataram que isso pode indicar um efeito fitotóxico do produto ao longo do tempo.

Figura 3 - Germinação (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).

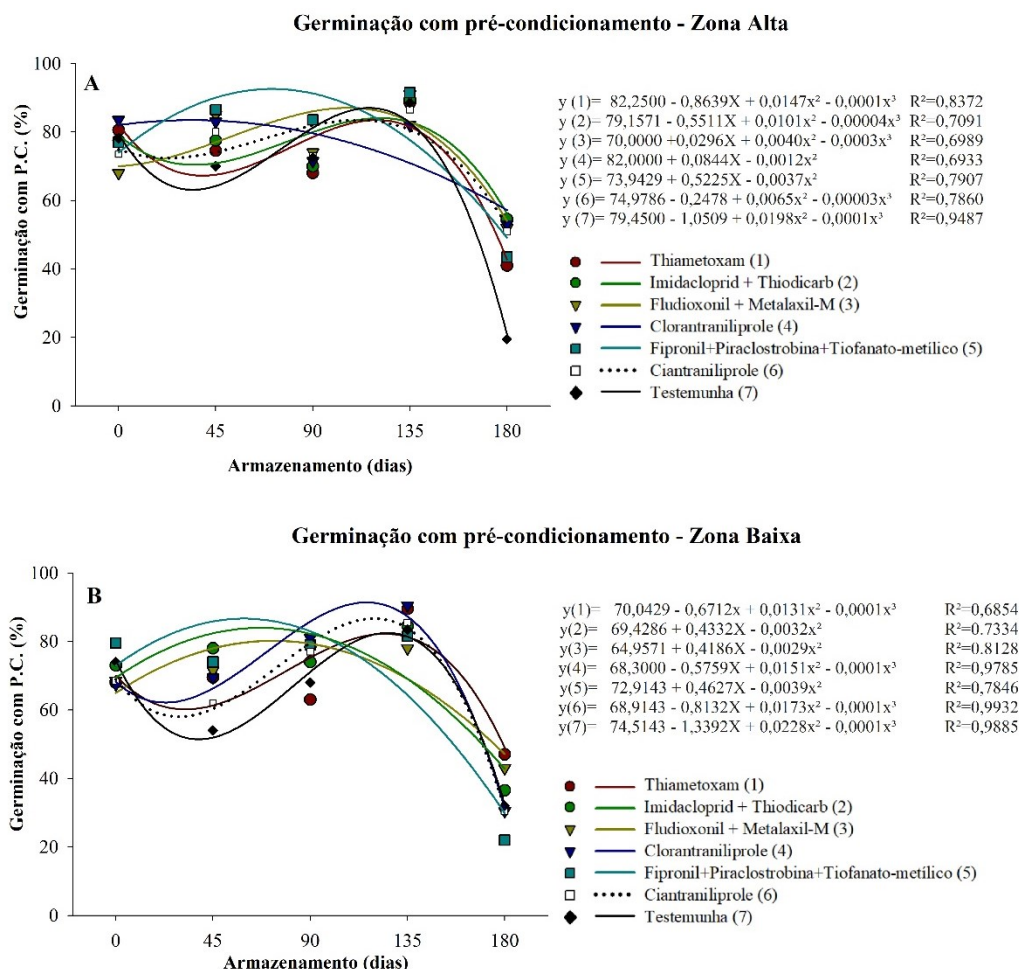


Fonte: O próprio autor.

O Clorantraniliprole é uma molécula de ação sistêmica pertencente a classe inseticida das Diamidas antranílicas. Kilic *et al.* (2015) avaliaram os efeitos negativos de Clorantraniliprole no tratamento de sementes de milho, observando perdas na germinação e menor crescimento de plântulas. O teste de germinação pode não ser o mais assertivo para determinar diferenças no potencial fisiológico das sementes em relação aos tratamentos químicos. Outros trabalhos que utilizaram tratamentos semelhantes resultaram em diferentes comportamentos que pode estar inerentes a qualidade das sementes e a molécula utilizada no tratamento (Ferreira *et al.* 2016; Carvalho *et al.* 2020).

Na germinação com pré-condicionamento (Tabela 3) aos 45 dias, somente os tratamentos Thiamethoxam (1), Imidacloprid + Thiodicarb (2) não se diferenciaram entre as zonas de manejo. Sementes provenientes na zona de baixo potencial tiveram as menores porcentagens de germinação. Os tratamentos com Fludioxonil + Metalaxil-M (3), Clorantraniliprole (4), Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5) mantiveram o potencial germinativo nas sementes produzidas em ambas as zonas de manejo, indicando que não houve efeito deletério da qualidade ou fitotoxidez (Figura 4).

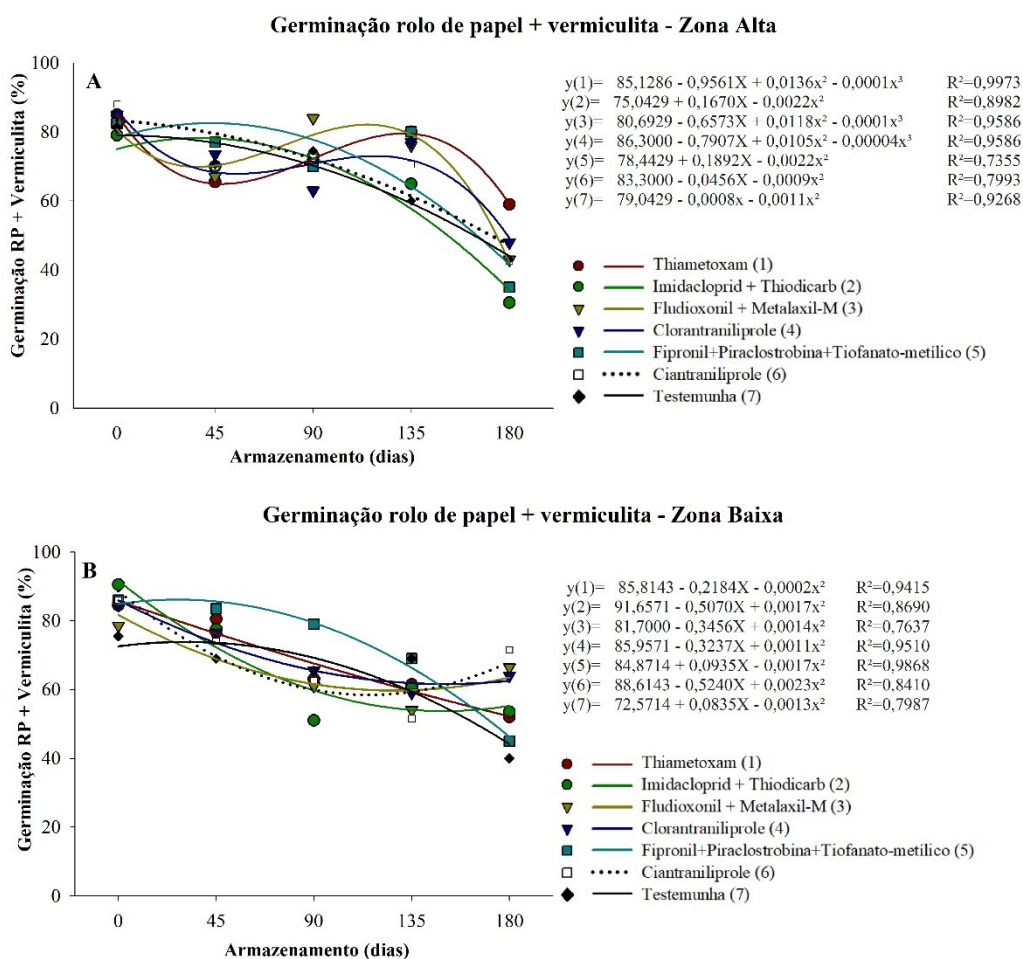
Figura 4 - Germinação com pré-condicionamento (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantranilprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantranilprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor

No teste de germinação utilizando vermiculita (Tabela 3) houve similaridade dos potenciais de germinação para os tratamentos de sementes, exceto com Thiamethoxam (1), não sendo verificadas diferenças entre as zonas de manejo, como nos outros testes de germinação conduzidos sem a presença desse condicionador. Houve menor decréscimo da germinação das sementes tratadas quando a vermiculita foi utilizada quando comparada com as outras porcentagens de germinação, independentemente da zona de manejo (Figura 5).

Figura 5 - Germinação em rolo de papel + vermiculita (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobrina + Tiofanato-metilico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor

Os tratamentos de sementes de soja com moléculas inseticidas afetam a germinação e avaliação de plântulas, com maior fitotoxicidade em relação a moléculas fungicidas. Isso ocorre principalmente em métodos de análise com água abundante e prontamente disponível, como é o caso da germinação em papel. Assim, o uso da vermiculita entre papel reduz os efeitos da fitotoxidez causados por inseticidas (Rocha *et al.*, 2020). Sementes de sorgo, produzidas em diferentes zonas de manejo e tratadas com Thiametoxam houve efeitos deletérios da deterioração e da fitotoxidez aos 120 dias de armazenamento (Catão; Hurtado, 2023). Isso porque o Thiametoxam é um inseticida sistêmico pertencente à classe dos neonicotinóides, de ação semelhante à Clotianidina e ao Imidacloprid. Esta classe está entre as moléculas inseticidas mais difundidas no uso

agrícola (Carvalho, 2022). Aos 135 e 180 dias de armazenamento das sementes de soja, houve decréscimo da germinação e viabilidade das sementes independentemente da zona de manejo ou tratamento de semente utilizado (Figura 5).

Nos resultados do teste de envelhecimento acelerado a partir de 45 dias de armazenamento, houve diferença no vigor das sementes entre as zonas de manejo (Tabela 4 e Figura 6). Aos 180 dias, o fator tratamento, influenciou o comportamento no vigor das sementes perdendo o efeito e zonas de manejo. Nos tratamentos com Thiamethoxam, Imidacloprid + Thiodicarb e Ciantraniliprole aos 90 dias de armazenamento houve redução do vigor das sementes, da zona de alto potencial, pelo teste de envelhecimento acelerado (Tabela 4). Esses mesmos princípios ativos reduziram o vigor nas sementes produzidas na zona de manejo de baixo potencial. O Imidacloprid + Thiodicarb e Thiamethoxan reduziram a germinação e o vigor de sementes de sorgo produzidas em zonas de baixo potencial (Catão; Hurtado. 2023), isso possivelmente ocorreu em virtude destes inseticidas serem sistêmicos do grupo químico dos neonicotinóides. Ferreira *et al.* (2016) também relataram redução do vigor de sementes de soja quando tratadas e armazenadas com Thiamethoxam, Imidacloprid + Thiodicarb. Delian *et al.* (2016) relataram fitotoxidez com Ciantraniliprole, destacando que os resultados podem variar de acordo com misturas e concentrações de ingredientes ativos, além de características do ambiente e período de armazenagem.

O envelhecimento acelerado é um importante teste de vigor, pois fornece dados relevantes sobre a qualidade das sementes e o seu potencial armazenamento. Ressalta-se que esse teste é crucial na avaliação devido a sua eficácia na seleção de lotes de sementes de soja armazenadas, apresentando alto grau de confiabilidade (Matera *et al.*, 2019). Lemes *et al.* (2019) observaram redução na germinação, emergência e germinação após envelhecimento acelerado de sementes de soja com o avanço do período de armazenamento, independentemente do produto utilizado para tratamento de sementes. Abati *et al.* (2020) também observaram redução na germinação de sementes de soja tratadas com inseticidas (Imidacloprid + Thiodicarb) e armazenadas, principalmente para os materiais com maiores volumes de calda no tratamento industrial de sementes.

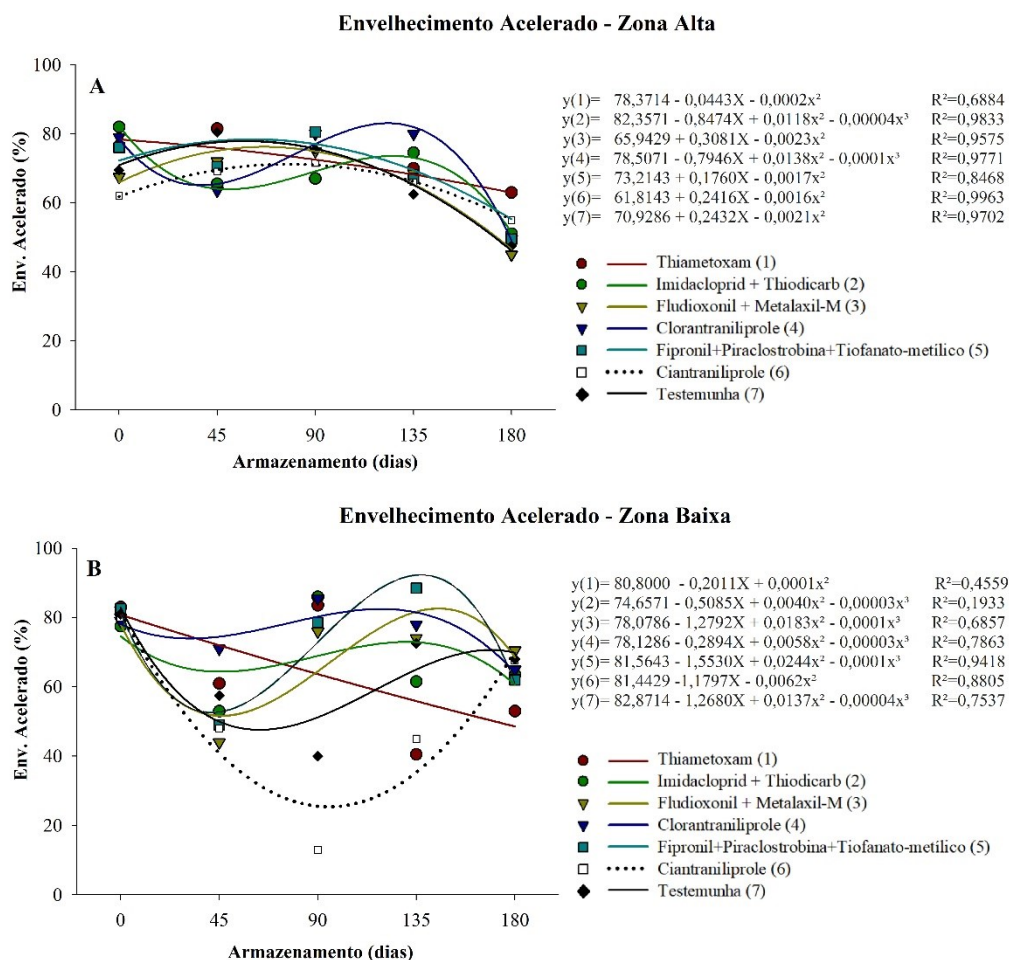
Tabela 4 - Envelhecimento acelerado (%), envelhecimento acelerado modificado em areia (%) e deterioração controlada (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

| ARM | TS | E. Acelerado (%) | | E.A. Areia (%) | | D. Controlada (%) | | |
|-----|----|------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|--|
| | | Zona Alta | Zona Baixa | Zona Alta | Zona Baixa | Zona Alta | Zona Baixa | |
| 0 | 1 | 77 aA | 70 aA | 91 aA | 83 aA | 77 aA | 70 aA | |
| | 2 | 82 aA | 70 bA | 85 aA | 78 aA | 82 aA | 70 bA | |
| | 3 | 68 aB | 69 aA | 77 aA | 80 aA | 68 aB | 69 aA | |
| | 4 | 79 aA | 72 aA | 82 aA | 79 aA | 79 aA | 72 aA | |
| | 5 | 76 aA | 72 aA | 85 aA | 83 aA | 76 aA | 72 aA | |
| | 6 | 62 aB | 73 aA | 79 aA | 80 aA | 62 bB | 73 aA | |
| | 7 | 70 aB | 61 aA | 81 aA | 81 aA | 70 aB | 61 aA | |
| 45 | 1 | 82 aA | 68 bB | 72 aA | 61 aA | 83 aA | 84 aA | |
| | 2 | 66 aB | 60 aB | 32 bC | 53 aB | 81 aA | 79 aA | |
| | 3 | 72 aB | 65 aB | 32 aC | 44 aB | 83 aA | 85 aA | |
| | 4 | 64 bB | 77 aA | 46 bC | 71 aA | 89 aA | 80 aA | |
| | 5 | 71 aB | 62 aB | 29 bC | 49 aB | 82 aA | 86 aA | |
| | 6 | 69 aB | 64 aB | 29 bC | 48 aB | 87 aA | 87 aA | |
| | 7 | 81 aA | 66 bB | 57 aB | 58 aA | 91 aA | 78 bA | |
| 90 | 1 | 67 aB | 77 aA | 81 aA | 84 aA | 68 aB | 64 aB | |
| | 2 | 67 bB | 80 aA | 87 aA | 86 aA | 79 aA | 71 aA | |
| | 3 | 75 aA | 76 aA | 87 aA | 76 aA | 79 aA | 70 aA | |
| | 4 | 80 aA | 79 aA | 91 aA | 86 aA | 66 aB | 74 aA | |
| | 5 | 81 aA | 80 aA | 85 aA | 79 aA | 73 aA | 63 bB | |
| | 6 | 72 bB | 86 aA | 84 aA | 13 bC | 59 aB | 60 aB | |
| | 7 | 76 aA | 75 aA | 83 aA | 40 bB | 70 aB | 60 aB | |
| 135 | 1 | 70 aB | 55 bB | 74 aA | 41 bC | 83 aA | 80 aA | |
| | 2 | 75 aA | 61 bB | 75 aA | 62 aB | 73 aA | 73 aA | |
| | 3 | 69 aB | 52 bB | 79 aA | 74 aB | 78 aA | 68 aB | |
| | 4 | 80 aA | 77 aA | 80 aA | 78 aA | 79 aA | 75 aA | |
| | 5 | 67 bB | 85 aA | 86 aA | 89 aA | 73 aA | 80 aA | |
| | 6 | 66 bB | 78 aA | 66 aA | 45 bC | 79 aA | 62 bB | |
| | 7 | 63 bB | 76 aA | 74 aA | 73 aB | 76 aA | 77 aA | |
| 180 | 1 | 63 aA | 31 bB | 69 aA | 53 bA | 83 aA | 67 bA | |
| | 2 | 51 aB | 34 bB | 76 aA | 64 aA | 73 aA | 49 bB | |
| | 3 | 45 aB | 51 aA | 75 aA | 71 aA | 78 aA | 50 bB | |
| | 4 | 50 aB | 53 aA | 43 bB | 65 aA | 79 aA | 58 bA | |
| | 5 | 50 aB | 48 aA | 39 bB | 62 aA | 73 aA | 42 bB | |
| | 6 | 55 aA | 29 bB | 32 bB | 68 aA | 79 aA | 59 bA | |
| | 7 | 48 aB | 39 aB | 78 aA | 68 aA | 76 aA | 45 bB | |
| | | | CV (%) = 11,33 | | CV (%) = 14,95 | | CV (%) = 9,82 | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantiraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).

Fonte: O próprio autor

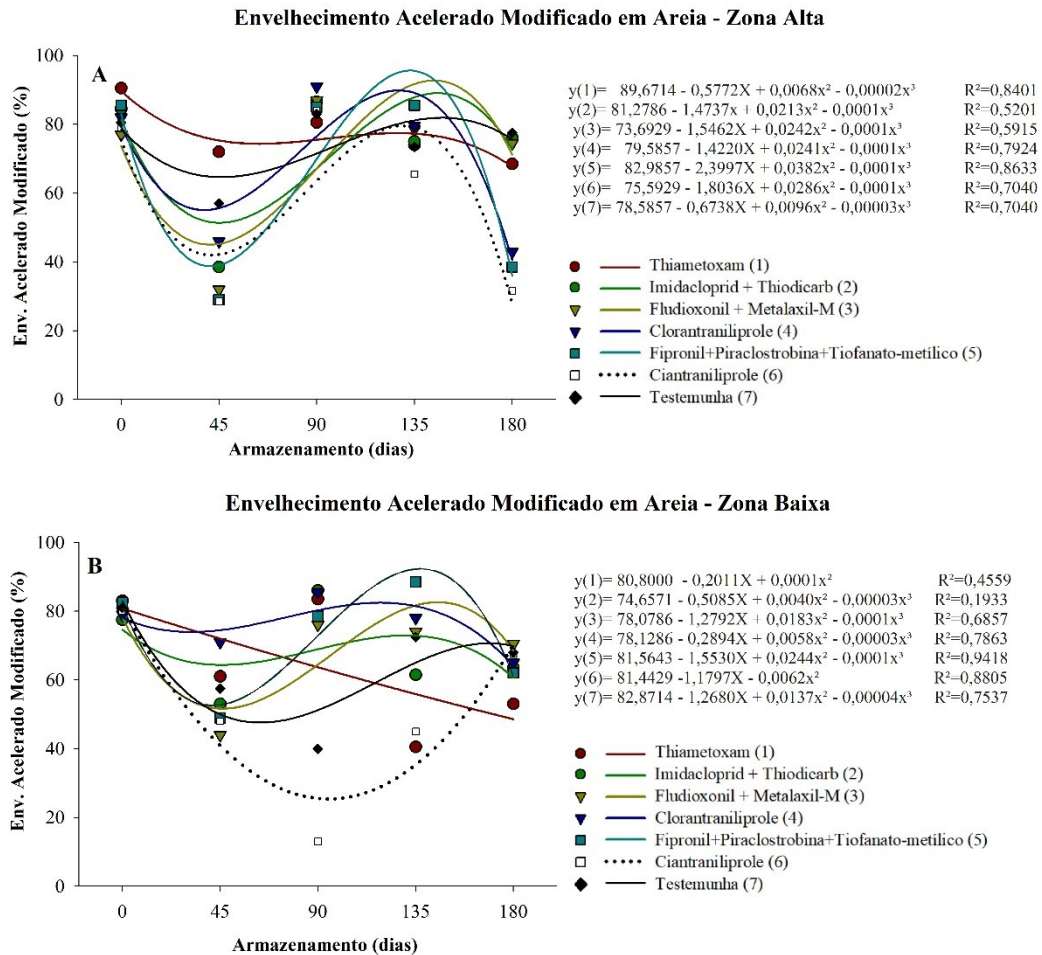
Figura 6 - Envelhecimento acelerado (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor

Nas sementes provenientes da zona de baixo potencial, nota-se que o tratamento com Clorantraniliprole (4) foi o que apresentou menor efeito fitotóxico ao longo dos períodos de armazenamento (Figura 6). No envelhecimento acelerado modificado em areia as sementes tratadas com Thiametoxam (1) advindas da zona de alto potencial foram as que mantiveram o vigor ao longo de todos os períodos de armazenamento (Figura 7). No tratamento Controle (7) o vigor também se manteve baixo, possivelmente devido a incidência de fungos de armazenamento.

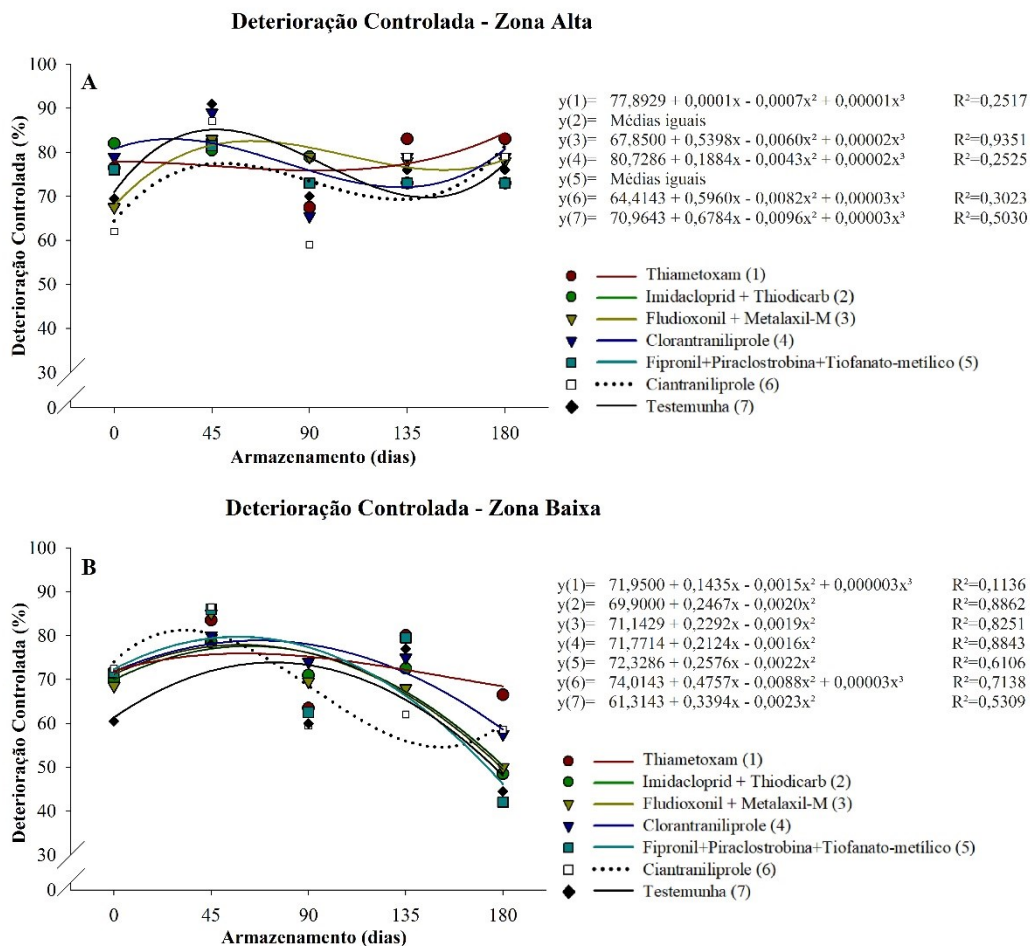
Figura 7 - Envelhecimento acelerado modificado em areia (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor.

Pelo teste de deterioração controlada é possível observar os efeitos das zonas de manejo aos 180 dias armazenamento, sendo as sementes menos vigorosas as provenientes da zona baixo potencial (Tabela 4). Os tratamentos com Thiametoxam, Clorantraniliprole e Ciantraniliprole também causaram redução do vigor em ambas as zonas de manejo (Figura 8). Aparentemente, o teste de deterioração controlada é mais indicado para avaliar o vigor de sementes com tratamento químico, pois nesse teste há um controle mais preciso da temperatura e umidade durante o período de envelhecimento. Desta forma, as sementes são expostas a condições idênticas de deterioração, resultando em maior precisão e eficiência na distinção do potencial fisiológico dos lotes de sementes (Hampton e TeKrony, 1995).

Figura 8 - Deterioração controlada (%) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor.

No início do período de armazenamento (zero dia), pelo teste de emergência, as sementes possuíam alto vigor, tanto da zona de alto e baixo como potencial, não sendo verificado diferenças na emergência das plântulas. Aos 90 dias de armazenamento, houve redução do vigor de sementes da zona de baixo manejo tratadas com Thiametoxam (Tabela 5). Aos 135 e 180 dias de armazenamento ocorre drástica redução na emergência das plântulas de soja (Figura 9), independentemente da zona de manejo e do tratamento químico. No entanto, a redução do vigor é mais acentuada em sementes de baixo potencial, principalmente tratadas com Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5) (Tabela 5).

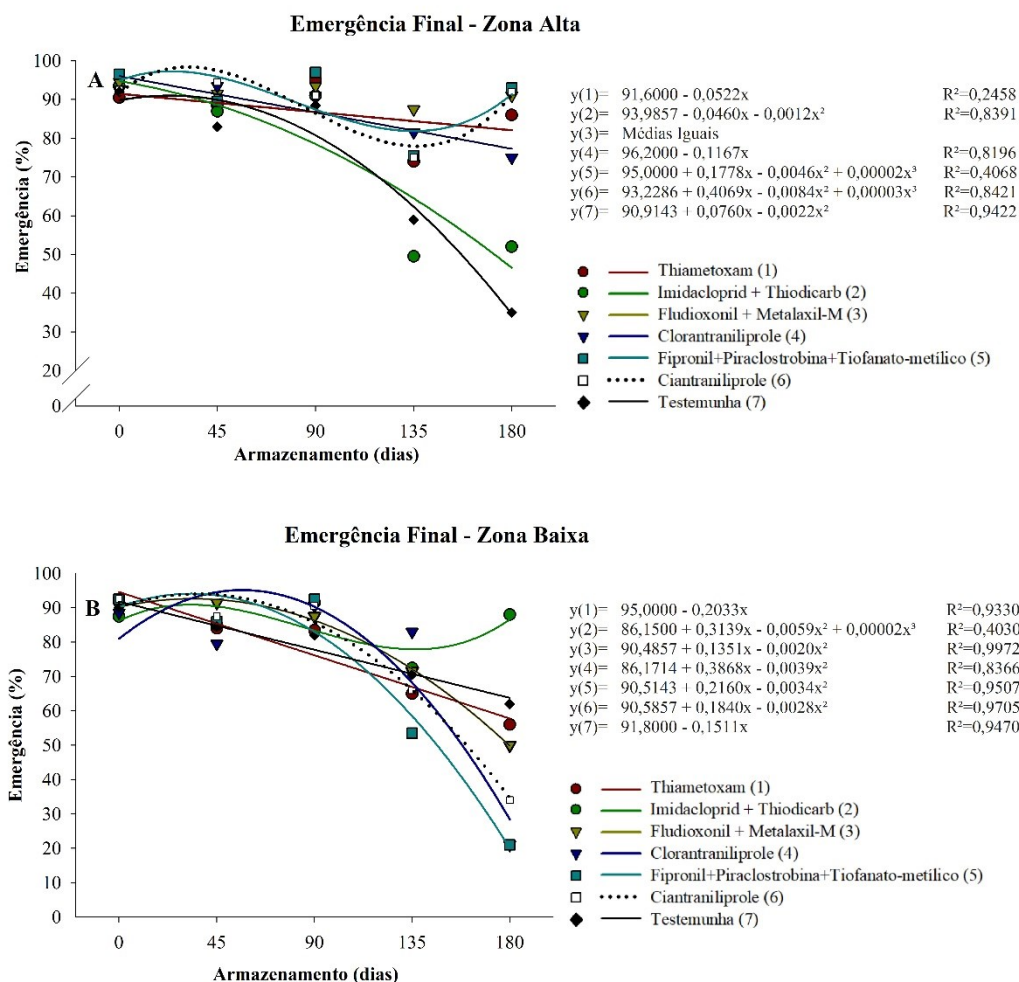
Tabela 5 - Emergência (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e massa seca (g) de plântulas de soja provenientes de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

| ARM | TS | Emergência (%) | | IVE | | Massa seca (g) | |
|-----|----|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | | Zona Alta | Zona Baixa | Zona Alta | Zona Baixa | Zona Alta | Zona Baixa |
| 0 | 1 | 91 aA | 93 aA | 8,21 aA | 8,15 aA | 13,37 bB | 14,30 aA |
| | 2 | 94 aA | 88 aA | 8,52 aA | 7,96 aA | 18,73 aA | 11,36 bC |
| | 3 | 95 aA | 91 aA | 8,92 aA | 8,24 aA | 9,50 aC | 8,34 aD |
| | 4 | 93 aA | 89 aA | 8,27 aA | 8,79 aA | 13,36 bB | 16,76 aA |
| | 5 | 97 aA | 93 aA | 8,96 aA | 8,59 aA | 9,70 bC | 11,38 aC |
| | 6 | 93 aA | 93 aA | 8,76 aA | 8,34 aA | 9,66 bC | 12,14 aC |
| | 7 | 92 aA | 90 aA | 8,63 aA | 8,40 aA | 10,01 bC | 13,13 aC |
| 45 | 1 | 89 aA | 84 aA | 6,73 aA | 6,65 aA | 7,49 aA | 6,61 aA |
| | 2 | 87 aA | 85 aA | 6,48 aA | 6,56 aA | 8,31 aA | 6,51 bA |
| | 3 | 92 aA | 92 aA | 7,11 aA | 7,16 aA | 6,23 aA | 6,26 aA |
| | 4 | 94 aA | 82 aA | 7,40 aA | 6,05 bA | 6,20 aA | 6,09 aA |
| | 5 | 90 aA | 86 aA | 6,97 aA | 6,86 aA | 7,32 aA | 6,27 aA |
| | 6 | 95 aA | 88 aA | 7,25 aA | 6,83 aA | 7,36 aA | 6,72 aA |
| | 7 | 83 aA | 85 aA | 6,45 aA | 6,76 aA | 7,12 aA | 6,48 aA |
| 90 | 1 | 95 aA | 84 bA | 7,34 aA | 6,26 bA | 8,30 aB | 7,98 aA |
| | 2 | 91 aA | 92 aA | 6,77 aA | 6,25 aA | 10,81 aA | 8,09 bA |
| | 3 | 94 aA | 88 aA | 6,87 aA | 6,41 aA | 7,65 aB | 8,60 aA |
| | 4 | 91 aA | 91 aA | 6,57 aA | 6,76 aA | 7,15 bB | 9,13 aA |
| | 5 | 97 aA | 93 aA | 7,59 aA | 6,49 bA | 7,86 bB | 9,71 aA |
| | 6 | 91 aA | 91 aA | 6,56 aA | 6,48 aA | 10,81 aA | 7,11 bB |
| | 7 | 89 aA | 82 aA | 6,80 aA | 5,65 bA | 10,96 aA | 6,34 bB |
| 135 | 1 | 74 aB | 65 bC | 8,08 aA | 6,67 bB | 8,15 bA | 10,41 aA |
| | 2 | 50 bD | 73 aB | 5,89 bB | 7,63 aA | 7,74 bA | 10,15 aA |
| | 3 | 88 aA | 72 bB | 8,90 aA | 7,47 bA | 8,69 bA | 10,29 aA |
| | 4 | 82 aA | 83 aA | 8,48 aA | 7,48 aA | 6,72 bA | 8,86 aB |
| | 5 | 76 aB | 54 bD | 8,26 aA | 4,83 bC | 7,32 aA | 8,43 aB |
| | 6 | 75 aB | 66 bC | 7,78 aA | 6,54 bB | 8,90 aA | 7,93 aB |
| | 7 | 59 bC | 71 aB | 6,21 bB | 7,98 aA | 7,24 aA | 7,38 aB |
| 180 | 1 | 86 aA | 56 bB | 8,73 aA | 4,98 bC | 7,16 aB | 7,55 aA |
| | 2 | 52 bC | 88 aA | 5,51 bC | 8,62 aA | 8,71 aA | 6,34 bA |
| | 3 | 91 aA | 50 bB | 9,51 aA | 4,91 bC | 9,75 aA | 6,83 bA |
| | 4 | 75 aB | 21 bD | 7,40 aB | 1,84 bE | 6,08 aB | 6,19 aA |
| | 5 | 93 aA | 21 bD | 9,28 aA | 1,50 bE | 6,97 aB | 3,37 bC |
| | 6 | 92 aA | 34 bC | 9,30 aA | 2,94 bD | 7,30 aB | 6,87 aA |
| | 7 | 35 bD | 62 aB | 3,55 bD | 6,03 aB | 7,27 aB | 5,00 bB |
| | | CV (%) = 8,87 | | CV (%) = 10,11 | | CV (%) = 12,43 | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).

Fonte: O próprio autor.

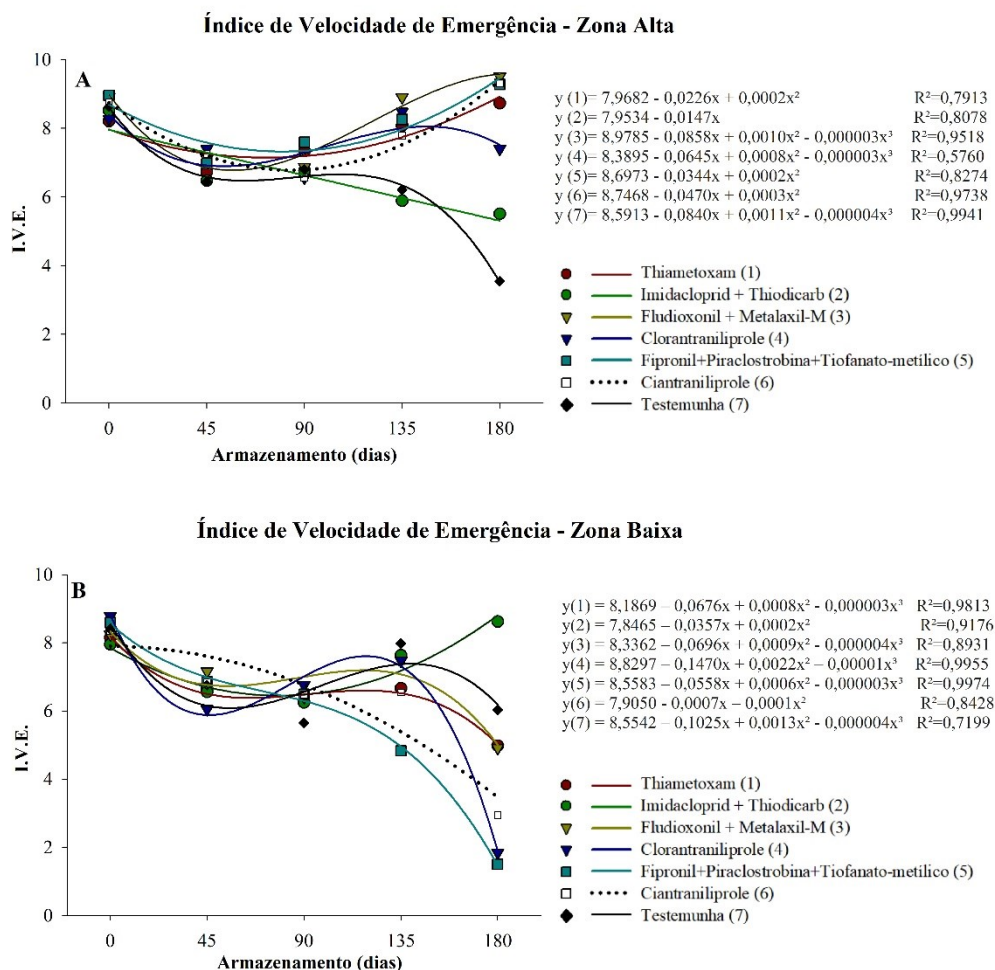
Figura 9 - Emergência (%) de plântulas de soja provenientes de sementes produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor.

De acordo com o índice de velocidade de emergência, os tratamentos de sementes não se diferenciam até os 90 dias de armazenamento (Tabela 5; Figura 10). Entretanto, ocorre diferença entre as zonas de alto e baixo manejo em sementes tratadas com Clorantraniliprole (45 dias de armazenamento); Thiamethoxam, Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5) e a testemunha aos 90 dias de armazenamento. Em condição de campo, esse fato pode ser determinante para o estabelecimento satisfatório do estande. Menores velocidades de emergência e desenvolvimento podem expor as plântulas ao ataque de pragas e doenças, causando perda de plantas e consequentemente redução de produtividade (Vaz Mondo *et al.*, 2012).

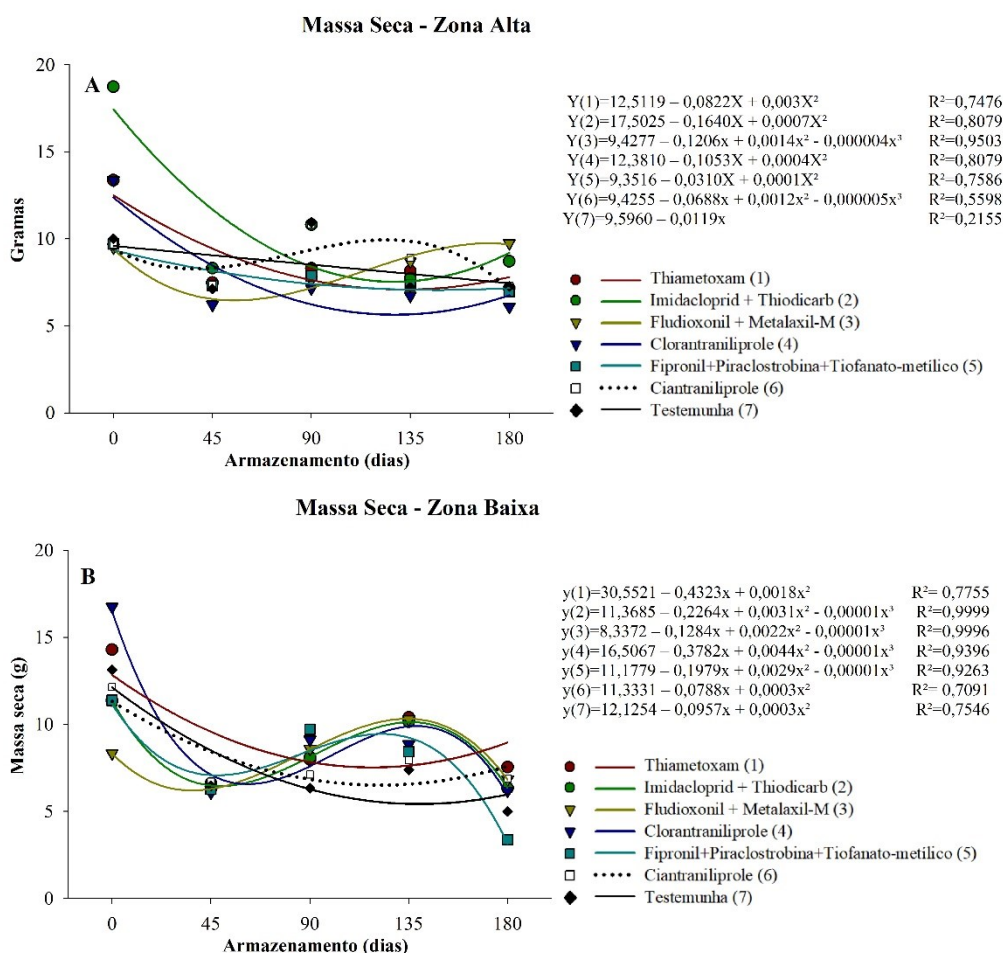
Figura 10 - Índice de velocidade de emergência de plântulas de soja provenientes de sementes produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor.

As plântulas da zona de alto potencial possuem maior peso de massa seca do que a plântulas provenientes da zona de baixo manejo (Tabela 5 e Figura 11). Sementes com baixo vigor advindas de zonas com baixo potencial de manejo podem provocar reduções na velocidade de emergência, na uniformidade, na emergência total, no tamanho inicial das plântulas e no estabelecimento de estandes adequados, sendo que esses fatores podem reduzir o acúmulo de matéria seca, e consequentemente a produtividade (Gazolla-Neto *et al.*, 2017).

Figura 11 - Massa seca (g) de plântulas de soja provenientes de sementes produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento. Thiametoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).



Fonte: O próprio autor.

Não houve diferenças no vigor e na viabilidade, entre os tratamentos de sementes e os períodos de armazenamento, na avaliação do teste de tetrazólio (Tabela 6). Porém, houve diferença estatística entre as zonas de manejo, sendo que na zona de alto potencial houve maior o vigor (86%) e a viabilidade (91%) das sementes soja. Gazolla-Neto *et al.* (2017) relataram que o teste de tetrazólio, por ser um teste rápido, permite a identificação de áreas aptas para produção de sementes de soja. Apesar de que, dano por percevejo e umidade possuem uma ampla faixa de distribuição na área de produção, sendo possível a identificação de regiões com diferentes níveis de incidência. Altos índices de dano por percevejo e umidade estão diretamente relacionados à redução do vigor das sementes de soja (França-Neto e Krzyzanowski, 2019; França-Neto *et al.* 2022).

Tabela 6 - Vigor (%) e viabilidade (%) pelo teste de tetrazólio em sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

| ARM | TS | Vigor (%) | | Viabilidade (%) | |
|-------|----|-----------|------------|-----------------|------------|
| | | Zona Alta | Zona Baixa | Zona Alta | Zona Baixa |
| 0 | 1 | 88 | 86 | 92 | 90 |
| | 2 | 86 | 80 | 90 | 86 |
| | 3 | 92 | 90 | 96 | 94 |
| | 4 | 90 | 82 | 90 | 92 |
| | 5 | 94 | 84 | 96 | 90 |
| | 6 | 76 | 86 | 90 | 90 |
| | 7 | 96 | 78 | 96 | 82 |
| 45 | 1 | 86 | 86 | 88 | 90 |
| | 2 | 88 | 88 | 92 | 92 |
| | 3 | 84 | 88 | 92 | 92 |
| | 4 | 90 | 84 | 94 | 92 |
| | 5 | 86 | 80 | 90 | 88 |
| | 6 | 84 | 88 | 90 | 94 |
| | 7 | 94 | 80 | 94 | 88 |
| 90 | 1 | 90 | 86 | 92 | 92 |
| | 2 | 84 | 94 | 90 | 96 |
| | 3 | 86 | 78 | 94 | 88 |
| | 4 | 86 | 82 | 92 | 84 |
| | 5 | 78 | 82 | 84 | 88 |
| | 6 | 82 | 78 | 92 | 86 |
| | 7 | 78 | 82 | 86 | 88 |
| 135 | 1 | 82 | 76 | 88 | 82 |
| | 2 | 86 | 88 | 92 | 94 |
| | 3 | 86 | 88 | 90 | 92 |
| | 4 | 94 | 86 | 96 | 92 |
| | 5 | 84 | 92 | 92 | 92 |
| | 6 | 90 | 82 | 90 | 86 |
| | 7 | 84 | 82 | 90 | 90 |
| 180 | 1 | 88 | 86 | 94 | 92 |
| | 2 | 80 | 80 | 86 | 86 |
| | 3 | 84 | 80 | 90 | 86 |
| | 4 | 84 | 80 | 92 | 86 |
| | 5 | 78 | 84 | 86 | 90 |
| | 6 | 92 | 84 | 96 | 90 |
| | 7 | 88 | 84 | 92 | 88 |
| Média | | 86a | 84b | 91a | 89b |

CV (%) = 7,24

CV (%) = 5,33

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).

Fonte: O próprio autor.

Em sementes provenientes da zona de alto potencial e tratadas com Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3) houve maior lixiviação de exsudatos

pelo teste de condutividade elétrica (Tabela 7). Na zona de baixo potencial apenas sementes da testemunha que tiveram maior lixiviação. Na comparação entre as zonas de manejo é possível verificar que as sementes tratadas da zona de alto potencial apresentaram maior vigor nos tratamentos com Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6) e Controle.

Tabela 7 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.

| Tratamentos | Condutividade Elétrica | |
|---------------|------------------------|------------|
| | Zona Alta | Zona Baixa |
| 1 | 94,90 aA | 99,50 aA |
| 2 | 98,50 aB | 101,50 aA |
| 3 | 101,55 aB | 103,30 aA |
| 4 | 91,60 aA | 100,65 bA |
| 5 | 89,70 aA | 95,55 bA |
| 6 | 92,15 aA | 101,90 bA |
| 7 | 94,95 aA | 108,80 bB |
| Armazenamento | Condutividade Elétrica | |
| 0 | 80,78 a | 82,87 a |
| 45 | 93,92 a | 96,56 a |
| 90 | 96,68 a | 107,34 b |
| 135 | 101,15 a | 113,34 b |
| 180 | 101,22 a | 108,16 b |
| CV (%) = 9,31 | | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Thiamethoxam (1); Imidacloprid + Thiodicarb (2); Fludioxonil + Metalaxil-M (3); Clorantraniliprole (4); Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (5); Ciantraniliprole (6); Controle (7).

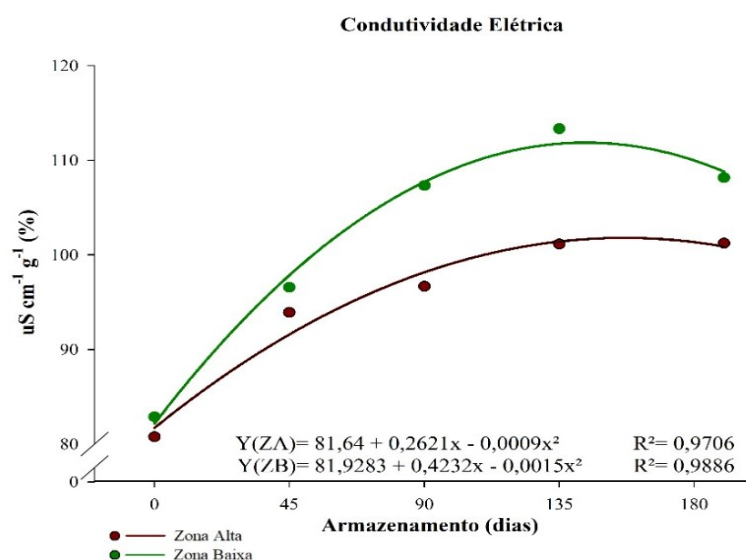
Fonte: O próprio autor.

Couto *et al.* (2021) observaram maior condutividade elétrica em sementes de soja tratada quimicamente com Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico quando comparada com a testemunha. Como descrito por Krzyzanowski *et al.* (2023) a deterioração de sementes aumenta ao longo do tempo, devido a desorganização do sistema de membranas, levando a uma maior liberação de conteúdo intracelular gerando maiores resultados como os verificados no teste de condutividade elétrica.

É válido que ressaltar que as sementes armazenadas e provenientes da zona de baixo potencial tiveram maior lixiviação ao longo do armazenamento. Na zona de alto potencial o vigor das sementes não se diferiu nos períodos de armazenamento (Tabela 7). Ao comparar as zonas de manejo em função do tempo de armazenamento, houve maior

lixiviação das sementes provenientes da zona de baixo potencial, portanto, as sementes dessa zona possuem menor vigor pelo teste de condutividade elétrica (Figura 12).

Figura 12 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo em função do tratamento de sementes e período de armazenamento.



Fonte: O próprio autor.

De acordo com períodos de armazenamento entre as zonas de manejo, nota-se que aos 90, 135 e 180 dias, as sementes provenientes da zona de alto potencial de manejo possuem maior vigor, indicando que sementes produzidas em solos com melhores atributos possuem maior capacidade de acumular reservas e menor desestruturação de membranas no armazenamento. A redução na qualidade de sementes é causada principalmente por fatores como a temperatura e umidade ao longo dos períodos de armazenamento, gerando impactos negativos nos processos fisiológicos como a degradação, perda da permeabilidade das membranas e disfunção dos processos biossintéticos (Delouche, 2021).

4 Conclusões

Os tratamentos de sementes de soja com inseticidas causam maior fitotoxidez no armazenamento em ambas as zonas de manejo.

Sementes de soja produzidas em zonas de alto manejo possuem alta qualidade fisiológica e com menor deterioração no armazenamento.

Sementes de soja produzidas em zonas de baixo manejo tratadas com inseticidas mediante aumento dos períodos de armazenamento apresentam menor vigor devido a deterioração e fitotoxidez das sementes.

REFERÊNCIAS

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**, Londrina, v. 42, p. e202042002, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42221062>.

BEM JUNIOR, L. D. *et al.* Impact of storage on the physiological quality of soybean seeds after treatment with fungicides and insecticides. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 42, p. e202042037, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42236236>.

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. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf

BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 147-153, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2148363>.

CARVALHO, E. R. *et al.* Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 42, n. e202042036, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42237847>.

CARVALHO, E. R. *et al.* Monitoramento fisiológico e enzimático de sementes tratadas de cultivares de soja durante o armazenamento. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. e2077, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v17i3a2077>

CARVALHO, Nelson Moreira. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

CATÃO, H. C. R. M.; HURTADO, S. M. C. Chemical treatment and storage of sorghum seeds produced in different management zones. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 45, p. e202345004, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45265644>

CATÃO, H. C. R. M. *et al.* Potassium leaching test in evaluation of popcorn seed vigor. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 4, p. 461-469, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n4222939>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento, março 2023. Brasília, DF: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>.

CORRÊA, M.F. *et al.* Análise de variabilidade espacial e temporal em um campo de produção de sementes de soja e trigo. **Revista Cereus**, Gurupi, v. 13, n. 4, p. 182-194, 2021. <http://ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/3606>

COUTO, A. P. S. *et al.* Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Roskilde, v. 42, n. 6, p. 3135–3148, 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n6p3135.

DELIAN, E. *et al.* Insecticides impact on seed germination and early seedlings growth in maize (*Zea mays L.*). **Scientific Papers.Series A. Agronomy**, Bucharest, v. 59, 2016.

DELOUCHE, J. C. Physiological Changes During Storage That Affect Soybean Seed Quality. **Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station**, Mississippi, 2021.

FERREIRA, T.F. *et al.* Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 278-286, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n4161760>.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. **Documentos**, 449. Londrina: Embrapa Soja. 111 p., 2022.

FRANÇA-NETO, J. B. *et al.* Use of the tetrazolium test for estimating the physiological quality of seeds. **Seed Science and Technology**, Wallisellen, v. 50, n. 14, p. 31-44, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2022.50.1.s.03>.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 3, p. 359–366, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104>.

GAZOLLA-NETO, A. *et al.* Rastreabilidade e variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes soja em campo de produção. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, Frederico Westphalen, v. 1, n. 1, p. 65-73, 2017.

GINN, W. Agricultural fluctuations and global economic conditions. **Review of World Economics**, [s. l.], 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10290-023-00522-4>.

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.

KILIC, S.; DURAN, R. E.; COSKUN, Y. Morphological and physiological responses of maize (*Zea Mays L.*) seeds grown under increasing concentrations of chlorantraniliprole insecticide. **Polish Journal of Environmental Studies**, Polônia, v. 24, n. 3, p. 1069-1075, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/31339>.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* **Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor da semente de soja**. Londrina: Embrapa, 2023. Circular Técnica, 199 (20 p.). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1158188/1/Circ-Tec-199.pdf>.

LEMES, E. *et al.* Tratamento de sementes industrial: potencial de armazenamento de sementes de soja tratadas com diferentes produtos. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 3, p. 94-103, 2019. DOI: 10.5747/ca.2019.v15.n3.a302.

LOPES, J. C. *et al.* Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasil, v. 24, n. 1, p. 51-58, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100008>

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.

MARCOS-FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. v. 12, 495p.

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. ISBN: 978-65-992000-0-7

MATERA, T. C. *et al.* Accelerated aging test and its relationship to physiological potential of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 3, p. 301-308, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3212746>

MILANI, L. *et al.* Unidades de manejo a partir de dados de 25 produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Versão 4.2.1. R Foundation for Statistical Computing, 2022.

ROCHA, D. K. *et al.* Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products?. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, p. e020119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044020119>.

SANTOS, S. F. *et al.* Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 67-74, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1185370>.

VAZ MONDO, V. H. *et al.* Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasil, v. 34, n. 1, p. 143 - 155, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000100018>.

WANG, L. *et al.* Examining the volatility of soybean market in the MIDAS framework: The importance of bagging-based weather information. **International Review of financial Analysis**, [s. l.], v. 89, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102720>.