

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Tese

Intervenções na dinâmica populacional de *Euphorbia heterophylla* L. na cultura da soja

Joseano Graciliano da Silva

Pelotas, 2023

Joseano Graciliano da Silva

Intervenções na dinâmica populacional de *Euphorbia heterophylla* L. na cultura da soja

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Agostinetto

Coorientador: Prof. Dr. Renan Ricardo Zandoná

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S586i Silva, Joseano Graciliano da

Intervenções na dinâmica populacional de *Euphorbia heterophylla* L. na cultura da soja / Joseano Graciliano da Silva ; Dirceu Agostinetto, orientador ; Renan Ricardo Zandoná, coorientador. — Pelotas, 2023.

130 f. : il.

Tese (Doutorado) — Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. Planta daninha. 2. Leiteiro. 3. Regulador de crescimento. 4. Banco de sementes. 5. *Glycine max* L.. I. Agostinetto, Dirceu, orient. II. Zandoná, Renan Ricardo, coorient. III. Título.

CDD : 633.3495

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Joseano Graciliano da Silva

Intervenções na dinâmica populacional de *Euphorbia heterophylla* L. na cultura da soja

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciência, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 11 de julho de 2023

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Dirceu Agostinetto (Orientador)

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....
Prof. Dr. Renan Ricardo Zandoná (Coorientador)

Doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Prof. Dr. Geri Eduardo Meneghello (Examinador)

Doutor em C&T de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Prof. Dr. Tiago Pedó (Examinador)

Doutor em C&T de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Dr. André da Rosa Ulguim (Examinador)

Prof. Dr. em Fitossanidade

Lista de Figuras

- Figura 1.** Tabela de vida diagramática (adaptado de Radosevich et al., 2007).22
- Figura 2.** Número de sementes (A), primeira contagem de germinação (B), percentual de germinação (C), sementes viáveis (D) e inviáveis (E) em plantas e sementes de leiteiro sob diferentes épocas de aplicação e níveis de hidrazida maleica. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.43
- Figura 3.** Colheitadeira convencional (corte). A cor amarela é a colheita, o laranja é o resíduo, o azul é o ar forçado e o vermelho é o grão. 1) Carretel; 2) Barra de corte; 3) Trado de cabeçalho; 4) Transportador de grãos; 5) Armadilha de pedra; 6) Tambor de debulha; 7) Cômcasto; 8) Andador de palha; 9) Panela de grãos; 10) Ventilador; 11) Peneira ajustável superior; 12) Peneira inferior; 13) retrilha; 14) Debulha de rejeitos; 15) elevador de grãos; 16) Tanque de grãos 17) Saca-palha 18) Cabine do motorista; 19) Motor; 20) Trado de descarga 21) Impulsor.....64
- Figura 4.** Primeira contagem (A), germinação (B), percentual de plântulas anormais (C) sementes inviáveis (D), comprimento da radícula (E) e total (F) em plântulas de *E. heterophylla* L. em função de tempo de embebição e concentrações de hidrazida maleica. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.66
- Figura 5.** Efeito da interação de hormônios e das diferentes concentrações testadas em sementes de *E. heterophylla* L. em condições de laboratório. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.77
- Figura 6.** Estatura das plantas (A) e percentual de sementes inviáveis (B) de leiteiro, submetidas a diferentes níveis de cianamida hidrogenada, aplicadas em pré-emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.81
- Figura 7.** Distribuição das sementes na parcela (círculo = sementes enterradas; quadro = sementes na superfície do solo). FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.86
- Figura 8.** Número de plantas de *E. heterophylla* L. em função do tipo (NPK e Uréia) e dos níveis de N aplicados sobre o solo e do manejo durante o inverno.

FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023. 1ª e 2ª avaliação aos 15 e 30 DAE, respectivamente.....	96
Figura 9. Condutividade elétrica das sementes de soja (A) e produtividade (B) em função de diferentes fontes de N, níveis de nitrogênio e manejo do solo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	98
Figura 10. Avaliação da qualidade fisiológica em sementes de soja produzidas sob diferentes níveis de N e manejo do solo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	99
Figura 11. Emergência acumulada em sementes de leiteiro ao longo de 360 dias em diferentes profundidades de enterrio em condições de vaso. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	101

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores médios para as variáveis primeira contagem de germinação (PCG) e percentual de sementes inviáveis, analisadas em plantas e sementes de leiteiro em função dos níveis de hidrazida maleica. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.....	45
Tabela 2. Valores médios para as variáveis analisadas em plantas e sementes de leiteiro em função do fungicida e da época de aplicação usando hidrazida maleica. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.....	46
Tabela 3. Valores médios para as variáveis analisadas em plantas e sementes de soja em função do fungicida e da época de aplicação usando hidrazida maleica. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	48
Tabela 4. Qualidade fisiológica avaliadas em sementes de <i>E. heterophylla</i> L. sob diferentes tratamentos hormonais e manejo de lavoura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	51
Tabela 5. Condutividade elétrica em sementes de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	53
Tabela 6. Valores médios para as variáveis analisadas em plantas e sementes de <i>E. heterophylla</i> L. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.....	54
Tabela 7. Número de sementes em plantas de <i>E. heterophylla</i> L. (NSPL). FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	56
Tabela 8. Valores médios para as variáveis analisadas em sementes de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	57
Tabela 9. Percentual de sementes inviáveis. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	67
Tabela 10. Valores médios para os dados avaliados em sementes de leiteiro coletadas na colheitadeira. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	69
Tabela 11. Valores médios para a variável comprimento da raiz em função dos hormônios aplicados em sementes de <i>E. heterophylla</i> L. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	79
Tabela 12. Variáveis analisadas em plântulas e sementes de <i>E. heterophylla</i> L. em meio a plantas de cobertura e na cultura da soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.....	91

Tabela 13. Valores médios para as variáveis analisadas em sementes de leiteiro e de soja em função dos diferentes tipos de cobertura do solo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	94
Tabela 14. Valores médios para a variável massa de mil grãos de soja em função do manejo de solo no período de inverno. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.	97

Este trabalho está dedicado a minha família, esposa e amigos os quais foram fundamentais para encarar essa jornada longe de casa. Sem o apoio de vocês eu não teria conseguido atingir essa meta.

Agradecimentos

Ao Único e Soberano Deus criador de todas as coisas e Pai de nosso Senhor Jesus Cristo pela graça concedida diariamente e pelas Suas bênçãos para a minha permanência e progresso no curso de doutorado e demais áreas em que pude atuar na pós-graduação. Agradeço aos meus pais, irmãs e demais familiares por todo o apoio, incentivo, confiança e dedicação a mim depositados.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado e a Universidade Federal de Pelotas pelo apoio técnico e científico, bem como do espaço físico para a condução dos experimentos.

Ao professor Dr. Dirceu Agostinetto por toda ajuda e orientação, a todos os ensinamentos, conselhos, incentivo, amizade e confiança proporcionados.

Aos colegas de mestrado e doutorado: Adriana do Amarante, Cassiano Salin Pigatto, Geovana Facco Barbieri, João Goebel e Maicon Schmitz, pela amizade, incentivo e auxílio na execução dos experimentos.

Aos bolsistas e estagiários, do Centro de Estudos em Herbologia (CEHERB) Leandro Souza, Lucas Paniz Pinho, Richard Quevedo e Katharina Wickboldt, pela amizade, incentivo, momentos de convívio e auxílio na execução dos experimentos.

“O semeador saiu a semear. Enquanto lançava a semente, parte dela caiu à beira do caminho; foi pisada, e as aves do céu a comeram. Parte dela caiu sobre pedras e, quando germinou, as plantas secaram, porque não havia umidade. Outra parte caiu entre espinhos, que cresceram com ela e sufocaram as plantas. Outra ainda caiu em boa terra. Cresceu e deu boa colheita, a cem por um [...]”.

(Lucas 8:5-8)

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	18
A cultura da soja	20
Interferência negativa de leiteiro à produção agrícola	21
Banco de sementes	22
Dormência	24
Hormônios relacionados a germinação de sementes	25
Coberturas de inverno	29
a) Aveia preta	30
b) Nabo forrageiro	31
c) Trevo persa	31
Capítulo 1 - REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE LEITEIRO POR MÉTODOS QUÍMICOS E MECÂNICOS	33
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS	35
Experimento I – Níveis de HM e épocas de aplicação em condições de casa de vegetação	35
Experimento II – Fungicida em associação com Hidrazida Maleica na redução do número de sementes de leiteiro	37
Experimento III – Reguladores de crescimento e manejo da soja atuando na produção de sementes e qualidade fisiológica de leiteiro	38

Experimento IV – Controle mecânico e potencial produção de sementes em plantas de leiteiro	40
Experimento V – Níveis elevados de reguladores de crescimento em plantas de leiteiro	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
Experimento I - Níveis de HM e épocas de aplicação em condições de casa de vegetação	42
Experimento II – Fungicida em associação com Hidrazida Maleica na redução do número de sementes de leiteiro	45
Experimento III – Reguladores de crescimento e manejo da soja atuando na produção de sementes e qualidade fisiológica de leiteiro.....	51
Experimento IV – Controle mecânico e potencial produção de sementes em plantas de leiteiro	54
Experimento V – Níveis elevados de reguladores de crescimento em plantas de leiteiro	55
CONCLUSÕES	59
Capítulo 2 - CONTROLE QUÍMICO E MECÂNICO PARA REDUZIR A REENTRADA DE SEMENTES DE LEITEIRO NO BANCO DE SEMENTES.....	60
INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS	61
Experimento I – Embebição em sementes de leiteiro com agente mutagênico inviabiliza a germinação	61
Experimento II – Coleta de sementes de leiteiro durante a colheita mecanizada reduz o banco de sementes no solo.....	63
RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
Experimento I – Embebição em sementes de leiteiro com agente mutagênico inviabiliza a germinação	64
Experimento II – Coleta de sementes de leiteiro durante a colheita mecanizada reduz o banco de sementes no solo.....	68

CONCLUSÕES	70
Capítulo 3 - SUPERANÇA DA DORMÊNCA E SUPRESSÃO DA GERMINAÇÃO EM <i>E. heterophylla</i> L. VIA REGULADOR DE CRESCIMENTO.....	71
INTRODUÇÃO	71
MATERIAL E MÉTODOS	73
Experimento I – Ação de reguladores de crescimento em sementes de leiteiro reduz o potencial germinativo	73
Experimento II – Cianamida hidrogenada em pré-emergência de leiteiro influencia no desenvolvimento das plantas.....	75
RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
Experimento I – Ação de reguladores de crescimento em sementes de leiteiro reduz o potencial germinativo	76
Experimento II – Cianamida hidrogenada em pré-emergência de leiteiro influencia no desenvolvimento das plantas.....	80
CONCLUSÕES	81
Capítulo 4 - COBERTURA DE SOLO, PRÁTICAS DE MANEJO E PROFUNDIDADE DE ENTERRIO NA SUPRESSÃO DE LEITEIRO	83
INTRODUÇÃO	83
MATERIAL E MÉTODOS	84
Experimento I – Redução da longevidade usando plantas de cobertura em áreas de soja.....	85
Experimento II – Níveis de nitrogênio estimula a germinação em sementes de leiteiro, facilitando o controle populacional.....	88
Experimento III – Profundidade de enterrio reduzindo a longevidade em sementes de leiteiro.....	89
RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
Experimento I – Redução da longevidade usando plantas de cobertura em áreas de soja.....	90

Experimento II – Níveis de nitrogênio estimula a germinação em sementes de leiteiro, facilitando o controle populacional.....	95
Experimento III – Profundidade de enterrio reduzindo a longevidade em sementes de leiteiro.....	100
CONCLUSÕES.....	102
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERENCIAL TEÓRICO.....	105
ANEXOS.....	122

Resumo

SILVA, Joseano Graciliano da. **Intervenções na dinâmica populacional de *Euphorbia heterophylla* L. na cultura da soja**. Orientador: Dirceu Agostinetto. 2023. 130 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

As plantas sexuadas do tipo anuais apresentam ciclo de vida bem definidos, integrando a formação de sementes, chuva de sementes, dispersão, manutenção destas no banco de sementes do solo, germinação, crescimento e desenvolvimento. Várias práticas favorecem ou reduzem o banco, bem como a dispersão e viabilidade destas, haja visto que as sementes são um componente importante na disseminação e perpetuação das plantas. Sabendo disto, objetivou-se avaliar o efeito de determinadas práticas de manejo como ferramenta de controle e redução do banco de sementes de *Euphorbia heterophylla* L. no solo, utilizando reguladores de crescimento e métodos físicos. Para tal, foram realizados uma série de estudos que foram enquadrados em quatro capítulos, resultando em 12 experimentos, conduzidos de 2019 a 2022 a campo e em laboratório, tendo como cultura principal a soja. Os tratamentos foram compostos por níveis de ácido giberélico, ácido indolbutírico, cianamida hidrogenada e hidrazida maleica. Este último, em condições de campo, foi associado com os fungicidas Priori Top® e Fox®. A primeira etapa focou em reduzir a produção de sementes de leiteiro (capítulo I). Posteriormente, evitando a reentrada ou a chuva de sementes no solo (capítulo II). Buscou-se alternativas de inviabilizar as sementes produzidas (capítulo III). E, finalmente, foram utilizadas técnicas para atuar no banco de sementes, outrora formadas e não removidas da área (capítulo IV). Para a avaliação da eficácia dos tratamentos sobre as plantas, foram avaliados os componentes de rendimento, qualidade física e fisiológica da soja, bem como algumas variáveis de crescimento e desenvolvimento nas plantas de leiteiro e a produção de sementes, avaliando ainda a qualidade fisiológica destas. Os resultados obtidos permitiram concluir que o uso de hidrazida maleica, associada ao fungicida Priori Top® na fase vegetativa ou de Fox® no reprodutivo das plantas de leiteiro reduziu o número de sementes formadas. Ao empregar ácido giberélico, o percentual de germinação em sementes de leiteiro aumentou. O inverso foi observado para os tratamentos com ácido indolbutírico e cianamida hidrogenada, que inibiu a germinação e a formação de plântulas. Por sua vez, o uso de hidrazida maleica foi eficaz em reduzir o número de sementes e o número de ramos em plantas de leiteiro, resultando também em um elevado percentual de sementes inviáveis.

Palavras-chave: Planta daninha. Leiteiro. Regulador de crescimento. Banco de sementes. *Glycine max* L.

Abstract

SILVA, Joseano Graciliano da. **Interventions in the population dynamics of *Euphorbia heterophylla* L. in the soybean crop.** Advisor: Dirceu Agostinetto. 2023. 130 f. Thesis (Doctorate in Seed Science and Technology) - Graduate Program in Seed Science and Technology at the Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

Sexual plants of the annual type have a well-defined life cycle, integrating seed formation, seed rain, dispersion, maintenance of seeds in the soil seed bank, germination, growth and development. Several practices favor or reduce the bank, as well as their dispersion and viability, given that seeds are an important component in the dissemination and perpetuation of plants. Knowing this, aimed evaluate the effect of certain management practices as a tool to control and reduce the *Euphorbia heterophylla* L. seed bank in the soil, using growth regulators and physical methods. To this end, a series of studies were carried out that were framed in four chapters, resulting in 12 experiments, conducted from 2019 to 2022 in the field and in the laboratory, with soybeans as the main crop. The treatments were composed by levels of gibberellic acid, indole butyric acid, hydrogen cyanamide and maleic hydrazide. The latter, under field conditions, was associated with Priori Top® and Fox® fungicides. The first stage focused on reducing the production of dairy seeds (chapter I). Subsequently, avoiding the re-entry or rain of seeds in the soil (Chapter II). Alternatives were sought to make the seeds produced unfeasible (chapter III). And, finally, techniques were used to act on the seed bank, formerly formed and not removed from the area (chapter IV). In order to evaluate the effectiveness of the treatments on the plants, the components of yield, physical and physiological quality of the soybean were evaluated, as well as some variables of growth and development in the dairy plants and the production of seeds, also evaluating their physiological quality. The results obtained allowed us to conclude that the use of maleic hydrazide, associated with the fungicide Priori Top® in the vegetative phase or Fox® in the reproductive phase of dairy plants reduced the number of seeds formed. When using gibberellic acid, the percentage of germination in dairy seeds increased. The opposite was observed for treatments with indole butyric acid and hydrogen cyanamide, which inhibited germination and seedling formation. In turn, the use of maleic hydrazide was effective in reducing the number of seeds and the number of branches in dairy plants, also resulting in a high percentage of unviable seeds.

Keywords: Weed. Wild Poinsettia. Growth regulator. Seed bank. Longevity. *Glycine max* L.

INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo da soja nas diversas regiões produtoras possui elevado potencial produtivo com dados que vão de 60 a 130 sacas por hectare (PAGANO e MIRANSARI, 2015; CONAB, 2023). Contudo, a ocorrência de plantas daninhas surge como um fator limitante a esse potencial, além de outras limitações bióticas e abióticas. Uma das espécies com ampla ocorrência em áreas de soja tem sido o amendoim bravo ou leiteiro, (*Euphorbia heterophylla* L. – Euphorbiaceae), cuja espécie é anual, dicotiledônea, nativa das regiões tropicais e subtropicais das Américas com metabolismo fotossintético C3, embora ocorram plantas com metabolismo C4 e CAM, (KISSMANN e GROTH, 2000; FERREIRA et al., 2017; TOSTES et al., 2019; SILVA et al., 2020).

Está amplamente distribuída na Região Sul do Brasil, estando presente em 74% das áreas de soja na Região do Planalto do Estado do Rio Grande do Sul (GALON et al., 2018). Apresenta polimorfismo foliar, independentemente das condições de crescimento (HASSANPOUR-BOURKHEILI et al., 2020). São lactescente, com ciclo de 85 dias e necessitam de dias curtos para iniciarem a floração, geralmente aos 47 dias após a emergência (KOUAKOU et al., 2016; LATI et al., 2019).

Possui a capacidade de produzir até três gerações no mesmo ano agrícola (LATI et al., 2019; SILVA et al., 2020). São propagadas por sementes, que, geralmente, são dispersas por deiscência explosiva (bolocoria) e apresentam baixo nível de dormência (WILSON, 1981; MONQUERO e CHRISTOFFOLETI, 2005; BOLAJI et al., 2020). A deiscência das capsulas e a chuva de sementes ocorre em meados de fevereiro a abril e o surgimento de plântulas inicia na primavera (NÚÑEZ et al., 2018).

As plantas de leiteiro apresentam alta capacidade de sobrevivência em condições adversas, com elevada produção e dispersão de sementes (AARESTRUP et al., 2008). Cada planta produz entre 159 e 500 sementes envoltas em capsulas (fruto deiscente), contendo 3 sementes de cerca de 2 mm de tamanho em cada cápsula (SANTOS et al., 2002; LATI et al., 2019; BOLAJI et al., 2020) e massa de mil grãos de, aproximadamente, 5,38 gramas (BRASIL, 2009). Com relação a morfologia das sementes, possuem formato do tipo testa (SILVA et al., 2016).

Com relação ao fotoperíodo, as sementes são fotoblásticas positivas, germinam em temperaturas que vão de 16 a 34 °C e podem permanecer viáveis por, aproximadamente, 14 meses (AARESTRUP et al., 2008; BRASIL, 2009; COSTA et al., 2018), favorecendo o surgimento de novas plantas e infestações posteriores, caso a semente permaneça viável. A resposta da germinação em diferentes fotoperíodos (0/24, 12/12 e 16/8 horas) em sementes de *E. geniculata* L., não resultou em diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (COCHAVI et al., 2018). Espécies diferentes, ainda que no mesmo gênero, podem apresentar diferenças na necessidade de luz para iniciar seu processo germinativo.

Aos 45 dias após a semeadura (DAS) as plantas já apresentam 50% do número total de folhas, estabilizam o crescimento aos 63 DAS, quando ocorre a fase reprodutiva (FERREIRA et al., 2017). As plantas conseguem acumular até 9,3 gramas de massa seca total aos 77 DAS (FERREIRA et al., 2017), além disso, possuem substâncias alelopáticas em suas raízes, o que aumenta sua interferência em culturas como soja, milho e feijão (SILVA et al., 2019).

Há relatos de que as sementes de leiteiro consigam germinar e emergir de 12 cm a 14 cm de profundidade (CERDEIRA e VOLL, 1980; BRECKE, 1995; LATI et al., 2019). Contudo, em trabalhos mais recentes, não foi constatado germinação quando as sementes foram enterradas a 9 cm de profundidade (COCHAVI et al., 2018), o que pode ser atribuído às características físicas do solo. Determinadas substâncias no tegumento da semente podem dificultar a entrada de água e oxigênio necessários ao processo de germinação em leiteiro (AARESTRUP et al., 2008).

Conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº 46, sementes de leiteiro são consideradas nocivas toleradas (BRASIL, 2013a). Portanto, em amostras de sementes de soja tolera-se, no máximo, duas sementes de leiteiro, de modo que, valores superiores a estes justificam

a reprovação do lote de sementes, de acordo com a IN nº 45 (BRASIL, 2013b). Isto porque, sementes viáveis originam bancos de sementes no solo e, prováveis reinfestações na área.

A cultura da soja

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é destaque no cenário mundial de grãos e representa um dos principais produtos de exportação agrícola com elevado valor comercial, impulsionando a economia nacional (BUZZELLO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2021). A produção brasileira de soja nas últimas safras foi de 133.046,9 milhões de toneladas, com volumes crescentes a cada safra. Embora as condições climáticas em 2021/22 tenham prejudicado algumas regiões produtoras, como o Sul do Brasil (CONAB, 2023).

Mais do que aumentar a produção, é necessário se atentar para a produtividade da soja. Esta, por sua vez, representa o quanto foi produzido em uma determinada área agrícola, de modo a obter altos rendimentos sem expandir a área cultivada. Fatores como precipitação e manejo de plantas invasoras ainda são limitantes para se obter o máximo de produtividade. A existência de plantas daninhas em culturas dificulta a colheita, contamina os produtos colhidos com sementes e pedaços de plantas daninhas e aumenta o teor de água dos grãos (NORSWORTHY et al., 2016; BAGAVATHIANNAN, 2017).

O processo de colheita mecanizada na cultura da soja, com foco na separação de sementes daninhas, tem demonstrado que o uso de colheitadeiras equipadas com sistemas de separação pode auxiliar na remoção de sementes de espécies indesejadas durante a colheita da soja (PAIXÃO et al., 2017). Essa abordagem tem se mostrado promissora na redução da disseminação de plantas invasoras e na preservação da qualidade das sementes de soja (PAIXÃO et al., 2017; COSTA et al., 2018).

No que diz respeito ao uso de fungicidas e reguladores de crescimento na cultura da soja, pesquisas indicam que a mistura de fungicidas com reguladores de crescimento pode resultar no controle de doenças fúngicas, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento adequado das plantas (SILVA et al., 2017; AMOANIMAA-DEDE et al., 2022). Essa abordagem integrada tem sido considerada uma estratégia

eficiente para maximizar a produtividade e reduzir os riscos de perdas causadas por doenças na cultura da soja (NOVAKOSKI et al., 2020).

A eficiência e possível fito toxidez decorrente da aplicação de hormônios vegetais na cultura da soja foi testada alguns autores (BUZZELLO et al., 2017). Nos primeiros 7 dias após a aplicação (DAA) de Stimulate® (AIB + GA₃ + cinetina), no estágio fenológico de desenvolvimento V7 causou uma pequena atrofia foliar e redução da estatura média das plantas (47 DAA) proporcional à dose de Stimulate® aplicado (BUZZELLO et al., 2017).

A eficácia do manejo das plantas daninhas em sistemas agrícolas pode ser influenciada pelo manejo e condições edafoclimáticas. Assim, é essencial desenvolver programas de manejo integrado das plantas invasoras que englobem estratégias culturais, biológicas, mecânicas e físicas. Essas abordagens variadas são cruciais para o controle efetivo das plantas daninhas e garantem a sustentabilidade do sistema agrícola, reduzindo as perdas quali e quantitativas causadas por espécies como o leiteiro.

Interferência negativa de leiteiro à produção agrícola

As perdas de produtividade causada por esta espécie na cultura da soja podem variar de 33% a 50% (CHEMALE e FLECK, 1982; MACHADO et al., 2015). A infestação da área com 13 plantas de leiteiro m⁻² aos 12 dias antes da semeadura de feijão (*Phaseolus vulgaris*) ou a infestação no ato de semeadura usando 23 plantas m⁻² foi suficiente para reduzir a produtividade da cultura em 50% (MACHADO et al., 2015).

Avaliações da habilidade competitiva de feijão preto durante 50 DAE coexistindo com até 110 plantas de leiteiro m⁻² resultaram na redução de 32% da área foliar e 50% da massa seca para as cultivares testadas (GALON et al., 2018). Na cultura do feijão (*Vigna unguiculata*) há relatos de queda na produtividade que vão de 25 a 75% quando a população de plantas de leiteiro atinge níveis de 10 e 80 plantas m⁻² (OLORUNMAIYE e OGUNFOLAJI, 2019).

O período crítico da interferência competitiva de leiteiro, em diversas culturas, varia de 17 a 70 dias após a emergência (VERAS, 2018). Além disso, as plantas de leiteiro podem ser hospedeiro de nematoides-das-galhas e de vírus EuYMV e ToSRV (BELLÉ et al., 2019; NEVES et al., 2020).

A competição soja-leiteiro afeta as trocas gasosas e a conversão de CO₂ em assimilados fotossintéticos até os 30 DAS de convívio (ULGUIM et al., 2017). Essa redução na produtividade se deve, principalmente, a competição por nutrientes no solo (SILVA et al., 2020), tendo como período crítico de competição um intervalo de 20 a 40 dias após a emergência da cultura (OLORUNMAIYE e OGUNFOLAJI, 2019).

Banco de sementes

O banco de sementes é composto por novas sementes formadas a cada ano e por aquelas que persistiram no solo por vários anos (LAL et al., 2016). Este, por sua vez, tem a função básica de substituir as plantas eliminadas por determinada causa natural ou antropogênica, sendo, portanto, crucial para a sobrevivência das espécies (CARMONA, 1992; AMIM et al., 2016). A formação do banco de sementes envolve outras fases como a dispersão, chuva de sementes e o estabelecimento e desenvolvimento de plântulas (RADOSEVICH et al., 2007), conforme a ilustração abaixo:

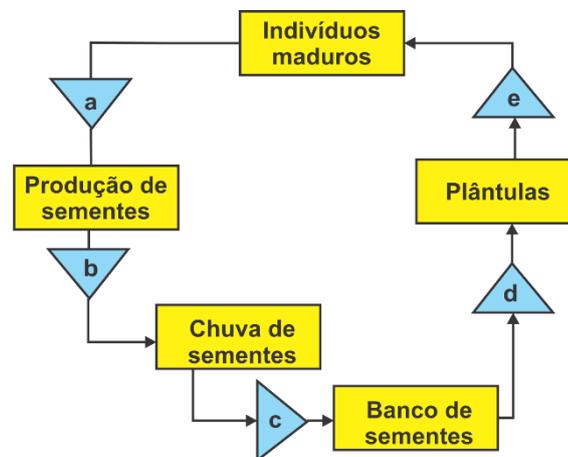


Figura 1. Tabela de vida diagramática (adaptado de Radosevich et al., 2007).

O elevado número de sementes produzidas por plantas favorece a reposição do banco de sementes do solo. No manejo de plantas daninhas, várias práticas de manejo favorecem ou reduzem o banco de sementes no solo, bem como a dispersão e viabilidade destas, haja visto que as sementes são um componente importante na disseminação e perpetuação desse tipo de plantas (MIRANDA NETO et al., 2017). Ciclos contínuos de hidratação e secagem influenciam negativamente na qualidade

fisiológica e persistência das sementes no solo, a depender do tipo de semente (KRANNER et al., 2010).

A composição do banco de sementes é afetada pelos tipos de dispersão das espécies na área, promovendo um sistema dinâmico de entradas (provenientes da chuva de sementes) e saídas (devido a respostas fisiológicas e alterações ambientais como mudanças na radiação, temperatura e umidade, bem como da predação das sementes e perda de viabilidade) (SANTOS et al., 2020). A imigração e emigração contribuem para a entrada ou saída de sementes no banco, porém, os fatores que mais afetam as sementes no banco de sementes são mortalidade, germinação e decomposição (ASGARPOUR et al., 2020).

A capacidade das sementes em manter a viabilidade sobre o solo ou em maiores profundidades, pode variar conforme a temperatura, a umidade do solo e os níveis de oxigênio, influenciando na viabilidade e decomposição das sementes no solo (ASGARPOUR et al., 2020). As interações micro-habitat x alterações climáticas podem promover a sobrevivência e manutenção das populações de plantas (SANTOS et al., 2013). Contudo, as diferenças sazonais nem sempre influenciam a densidade de sementes e a riqueza de espécies do banco de sementes (SANTOS et al., 2020).

Vários trabalhos já foram realizados com o intuito de reduzir o banco de sementes no solo. Para isto, foram utilizados métodos químicos (NORSWORTHY et al., 2016; ROJANO-DELGADO et al., 2019) e físicos (LEE, 2012; NORSWORTHY et al., 2016; SCHWARTZ-LAZARO et al., 2017) porém, são poucos os trabalhos visando reduzir a produção de sementes ou sua viabilidade nas fases de floração e/ou maturidade fisiológica em leiteiro, conforme o esquema descrito por Radosevich et al. (2007).

A dinâmica populacional é uma das ferramentas essenciais na tomada de decisão de práticas de manejo e controle de plantas daninhas (NÚÑEZ et al., 2018). É possível encontrar de 2.000 até 70.000 sementes por metro quadrado enterradas na camada arável do solo em diferentes ecossistemas e localidades (MONQUERO e CHRISTOFFOLETI, 2005). Embora a ocorrência de determinadas espécies seja influenciada pela prolificidade e população de plantas, bem como das práticas de manejo utilizadas na área (LAL et al., 2016).

Considerando que o enterrio das sementes de leiteiro acelera sua deterioração, é válido utilizar técnicas de cultivo mecanizado ou similares que garantam o enterrio

por um período superior a 5 semanas ou a profundidades entre 5 e 14 cm, como estratégia para reduzir o banco de sementes (COCHAVI et al., 2018). Ao avaliar o efeito do método de preparo do solo, constatou-se uma maior população de leiteiro na semeadura direta em comparação ao plantio convencional, o que pode ser atribuído aos estímulos físicos, químicos e/ou biológicos que afetam as sementes dessa espécie (PEREIRA et al., 2020).

Do ponto de vista agrônomo, devem-se considerar as práticas adotadas no manejo das culturas, do solo e das plantas daninhas, o que torna imprescindível estudos que reduzam os efeitos do banco de sementes do solo. Considerando as espécies que ocorrem na área, superar a dormência das sementes contidas no solo pode contribuir para o controle populacional das plantas daninhas.

Dormência

No que se refere aos métodos de propagação das diversas espécies cultivadas ou daninhas, a propagação sexuada possibilita a variabilidade gênica e dispersão dos propágulos a nível espacial e temporal (IKRAM et al., 2014). Este último se deve, na maioria dos casos, a dormência imposta pela semente, que pode ser primária ou secundária.

A dormência é causada pela inativação e incapacidade da semente germinar em condições favoráveis devido a presença de algum mecanismo limitante como tegumento duro, embrião imaturo ou mesmo a inativação de enzimas (SAFFARI et al., 2021). Além disso, a dispersão desses propágulos pode contribuir para a manutenção do banco de sementes no solo (MIRANDA NETO et al., 2017). Havendo condições favoráveis para a superação da dormência, as sementes germinam, se desenvolvem e produzem novos propágulos (LAL et al., 2016).

As sementes de leiteiro apresentam dormência na maioria dos biótipos. Contudo, sementes recém-colhidas na região Sul e Sudeste não apresentaram dormência, enquanto na América do Norte, sementes recém-colhidas mostraram-se dormentes (BANNON et al., 1978). Alguns autores relacionam esta característica à presença de substâncias insolúveis em água, pois os lipídios constituem em torno de 59% da massa seca das sementes (SUDA e GIORGINI, 2000).

Alguns autores atribuem a dormência em sementes de leiteiro à presença de tegumento impermeável, que dificulta a absorção de água e a germinação (IKRAM et

al., 2014). Essa dormência pode ser superada por tratamentos pré-germinativos, como a escarificação mecânica ou química, que promovem a quebra ou enfraquecimento do tegumento, permitindo a entrada de água e a germinação das sementes (BOLAJI et al., 2020).

Dentre os métodos usados para superar a dormência em sementes de plantas daninhas, trabalhos conduzidos utilizando ácido giberélico e ácido indolbutírico (AIB) tem apresentado resultados promissores em sementes (ALMEIDA et al., 2015), demonstrando boa estabilidade e menor solubilidade que o ácido indol-acético. Apesar de eficazes, hormônios como o GA₃ podem não ser eficientes na superação da dormência de sementes devido ao desbalanço hormonal, causado pelos níveis de outros hormônios, a exemplo do ácido abscísico (ABA) (ALMEIDA et al., 2015; TAIZ et al., 2017).

O uso de nitrogênio como componente do nitrato de potássio, por exemplo, promove a superação da dormência em sementes (FINNAN et al., 2019). O etileno desempenha um papel benéfico na superação da dormência em algumas espécies, postulado que durante as fases iniciais da germinação o etileno é sintetizado pelo ataque direto de espécies reativas de oxigênio (KRASUSKA e GNIAZDOWSKA, 2012).

A longevidade das sementes é principalmente determinada por características específicas da espécie, mas há indícios de que o solo e o clima possam ter um impacto nesse aspecto (RAO et al., 2017). Dois fatores ambientais cruciais que afetam a longevidade das sementes são a umidade e a temperatura. Essas variáveis têm um efeito direto na atividade e eficiência das enzimas metabólicas e antioxidantes de reparo, o que influencia a capacidade das sementes de continuarem viáveis (AARESTRUP et al., 2008; RAO et al., 2017).

Hormônios relacionados a germinação de sementes

O hormônio vegetal se diferencia do regulador de crescimento pelo fato de que o primeiro engloba os compostos orgânicos de ocorrência natural, produzidos na planta, enquanto os reguladores são substâncias sintetizadas e aplicadas de forma exógena (RODRIGUES et al., 2004). Os reguladores vegetais ou de crescimento são compostos similares aos fitormônios (auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico

e etileno) e podem ser usados para melhorar determinadas características das plantas (ALMEIDA et al., 2015).

a. Ácido Giberélico – GA₃

Inicialmente, as giberelinas foram obtidas a partir de isolados dos produtos metabólitos do fungo *Gibberella fujikuroi* patogênico de arroz, na década de 40 e, desde então, é comumente usada na agricultura moderna como fonte de auxina (MIRANSARI e FERREIRO, 2014). A atividade da auxina pode induzir a hidrólise e movimentação de compostos nitrogenados e carboidratos a nível celular, o que resulta em um aumento no alongamento e na divisão celular, auxiliando, conseqüentemente, na formação da raiz primária (GILANI et al., 2019).

O ácido giberélico (GA₃) se enquadra como um promotor de crescimento e contribui para a germinação promovendo o crescimento do eixo embrionário (BAYGI et al., 2015; KARKI, ATREYA e SHRESTHA, 2021) estimulando a atividade de enzimas hidrolíticas que enfraquecem os tecidos de celulose e a mobilização das reservas de armazenamento da semente (MIRANSARI e FERREIRO, 2014; MARCOS-FILHO, 2015). Determinados genes como QTL, DOG1, GID1A, GID1C, ABI3, ABI1, ABI5 e enzimas como pectina metilesterases estão envolvidos no processo regulatório da germinação, inibindo ou promovendo (MIRANSARI e FERREIRO, 2014), inclusive no que diz respeito a dormência de determinadas sementes.

O uso de ácido giberélico GA₃ (50, 100, 150, 200, 250 e 300 mg L⁻¹) em sementes de *Euphorbia sp.* em concentrações de 150 a 300 mg L⁻¹ de GA₃ estimula a germinação de 65 a 85%, respectivamente em relação ao tratamento controle (IKRAM et al., 2014). Estes valores foram, em média, 30% acima do observado nas demais concentrações de GA₃. Outros autores constataram que o ácido giberélico nas concentrações de 0, 50, 100, 500, 1000 e 2000 mg L⁻¹ resultou em altas taxas de mortalidade quando removido o tegumento das sementes (JIMÉNEZ et al., 2008).

b. Ácido-3-Indolbutírico - AIB

O ácido indol butírico (AIB) é um hormônio vegetal sintético pertencente à classe das auxinas e possui propriedades que estimulam o crescimento radicular e o desenvolvimento das plantas (TAIZ et al., 2017). A aplicação de AIB em sementes

pode aumentar significativamente a taxa e a velocidade de germinação. Ao ser aplicado às sementes, o AIB atua como um sinalizador para as células do embrião, estimulando a expressão de genes relacionados ao crescimento radicular e à germinação (KHADR et al., 2020; SHAHNIZA et al., 2020).

No peroxissomo, o ácido indol-3-butírico (AIB) é rapidamente convertido em AIA por β -oxidação (TAIZ et al., 2017; KAKHKI e BEIKZADEH, 2022). Pode ser usado em aplicações diretas ou em misturas comerciais, atuando principalmente na divisão celular, no alongamento celular e na atividade metabólica da planta (BUZZELLO et al., 2017; GILANI et al., 2019; KHADR et al., 2020). Entre as auxinas sintéticas utilizadas, o AIB é uma substância com maior foto estabilidade e apresenta ação localizada (DUTRA et al., 2012). Além de atuar como fonte de auxina para processos específicos do desenvolvimento.

O uso de até $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ de AIB não resultou em aumento do comprimento da raiz, embora tenha melhorado significativamente a germinação das sementes (CAVALCANTE et al., 2018). A redução no comprimento da raiz é maior quando se utiliza doses elevadas de AIB (3000 mg L^{-1}) acrescido de 100 mg L^{-1} de AIA do que se utilizado GA_3 + AIB na proporção 2:1 (KAKHKI e BEIKZADEH, 2022). Embora o AIB tenha a capacidade de estimular o maior número de raízes, isso não reflete diretamente no comprimento radicular.

c. Dormex[®] - Cianamida Hidrogenada

A Cianamida hidrogenada (CH) é um hormônio sintético com composição química H_2CN_2 , usado, comumente na viticultura, na superação da dormência dos brotos (BAYGI et al., 2015). Seu modo de ação está relacionado à redução da atividade de enzimas envolvidas na formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) e atua estimulando o crescimento vegetativo das plantas (KRASUSKA e DNIAZDOWSKA, 2011; WURZ et al., 2020).

A CH parece inibir a atividade de Glutathione Sintetase na germinação de embriões de maçã (KRASUSKA e DNIAZDOWSKA, 2012). A CH interfere no sistema respiratório das células e processos enzimáticos que controlam a dormência; particularmente inibindo a atividade de catalase enzimática que converte peróxido de hidrogênio em oxigênio molecular e H_2O (KRASUSKA e DNIAZDOWSKA, 2012), promovendo a superação da dormência e a germinação em sementes.

O uso de 50 mg de Dormex[®] L⁻¹ promoveu a superação na dormência em sementes com uma redução de 52 horas na taxa de germinação quando comparado com o tratamento controle, inclusive com valores semelhantes ao tratamento em que foi usado KNO₃ (BAYGI et al., 2015). Os autores atribuíram esse efeito positivo da Cianamida hidrogenada ao efeito estimulatório do etileno endógeno nas sementes.

Em sementes de *Elaeis guineensis* palm as concentrações de CH (0; 0,5; 1,0; 1,5, 2,0 e 2,5%) não resultou no incremento da germinação, mas foi eficaz para inviabilizar o embrião e promover o número de sementes mortas a medida em que houve um aumento da concentração de Dormex[®] (JIMÉNEZ et al., 2008).

d. Hidrazida maleica - HM

O regulador de crescimento Hidrazida maleica (HM) é considerado um anti-auxinico capaz de reduzir o crescimento e induzir a macho esterilidade em plantas, influenciando, inclusive nos teores de clorofila e carotenoides da planta (GAYATHRI et al., 2018; SARKAR et al., 2019; KARKI et al., 2021). Também causa redução no comprimento do caule devido a menor divisão celular e aumento da célula, alterações osmóticas e na síntese da parede celular (KUMAR et al., 2018).

Embora essa característica seja diferente para cada espécie, a HM pode ser absorvida rapidamente pelas raízes e folhas, podendo atuar nos processos celulares de tal forma a ser incorporado ao RNA e, até mesmo, ao DNA da planta ou indivíduo, alterando, inclusive os teores de proteína (SWIETLIŃSKA e ZUK, 1978). Alguns resultados sugerem que a HM se move através do sistema radicular sem ser degradado para metabólitos não tóxicos (VENEZIAN et al., 2017). Em alguns casos, relacionado a processos mutagênicos na planta (MAMMADOVA et al., 2015).

Os componentes de rendimento como número de vagens por planta, peso de vagens por planta ha⁻¹ foram significativamente maiores quando se utilizou HM (LAKSHMI et al., 2015). Resultados semelhantes foram observados em plantas de feijão cutelinho, também denominado labe-labe (*Lablab purpureus* L.), visto que a aplicação de HM (50 mg L⁻¹) influenciou nos componentes de rendimento (número de vagens planta⁻¹, peso das vagens e produtividade) devido a atuação como anti auxínico e inibidor de crescimento do meristema apical (KUMAR et al., 2018).

A HM foi utilizada em larga escala com a finalidade de regular o crescimento de algumas gramíneas (RODRIGUES et al., 2004) e se mostrou eficiente ao estimular

a germinação em sementes de *Triticum secale*, *Triticum* L. e de *Secale cereale* L. (MAMMADOVA et al., 2015). Em algumas plantas, reduzir a dominância apical pode favorecer alguns dos aspectos produtivos, beneficiando o número de vagens por plantas, massa de mil grãos e a produtividade (LAKSHMI et al., 2015). No referido trabalho, a dose de 500 mg L⁻¹ foi melhor que a de 1000.

Coberturas de inverno

A região Sul do Brasil possui quatro estações climáticas bem definidas, com predominância de cultivos na estação de verão, que compreende os meses de outubro a março (CALDANA et al., 2019). No período que vai de abril a setembro, alguns produtores optam por cultivar pastagens ou cereais destinados a produção de grãos, como alternativa de utilização das áreas e controle de plantas daninhas, provenientes do banco de sementes.

Dentre outros benefícios, o cultivo de plantas de cobertura no período de inverno e a realização de semeadura direta em sucessão, com a manutenção da palhada sobre o solo pode contribuir para o controle de plantas daninhas na safra seguinte (WERLANG et al., 2018). A cobertura do solo pelos restos culturais, quando bem formada e distribuída uniformemente sobre o solo, atua física e mecanicamente sobre o banco de sementes de plantas daninhas, reduzindo a taxa de germinação (WESTBROOK et al., 2021) e melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo e na manutenção da temperatura e da umidade (COSTA et al., 2018).

Os resíduos vegetais produzidos em safras anteriores atuam como cobertura no solo e interferem na germinação e na taxa de sobrevivência das plântulas de determinadas espécies daninhas, além da ação alelopática promovida por algumas dessas espécies (PINTO et al., 2021). Basicamente, a alelopatia é a interferência quimicamente mediada entre plantas e que causam interferência negativa nas espécies do entorno (RADOSEVICH et al., 2007; STURM et al., 2018). Dentre as espécies que podem ser usadas para inibir o estabelecimento de plantas daninhas estão a aveia preta, o nabo forrageiro e o trevo persa.

a) Aveia preta

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) é uma forrageira anual, com metabolismo fotossintético do tipo C₃, que apresenta rápido crescimento inicial e favorece o incremento de matéria orgânica ao solo, bem como cobertura morta, auxiliando na redução do número de plantas daninhas na safra de verão (CORREA FILHO et al., 2017). A deficiência de N em aveia reduz drasticamente o desenvolvimento das plantas, afetando o número de folhas e perfilhos, se tornando fundamental para manutenção da produtividade e acúmulo de massa seca (FINNAN et al., 2019).

Os efeitos benéficos da aveia preta como planta de cobertura sobre o desempenho da soja podem ser atribuídos às suas raízes e a palhada que ficará ao final do ciclo, melhorando a qualidade física do solo, aumento na infiltração e retenção da água do solo, bem como reduz a evaporação, aumento na difusão de oxigênio, menor compactação e aquecimento do solo, além de reduzir a erosão e a infestação de plantas daninhas (BALBINOT JUNIOR et al., 2020). Os aleloquímicos produzidos pelas plantas podem auxiliar na supressão de plantas daninhas, bem como contribuir para o sistema de produção (SHELDON et al., 2021).

O excesso de palha (matéria seca) sobre o solo se torna uma barreira física à entrada de herbicidas que possam atuar no controle de plantas daninhas na safra de verão, visto que a palha intercepta o herbicida e as plantas daninhas em estágio de plântulas não entram em contato com o produto (WESTBROOK et al., 2021). O aumento na quantidade de palha (0, 6,0 e 9,0 ton ha⁻¹) também diminui a perda de calor do solo, resultando em temperaturas elevadas no solo (ZWIRTES et al., 2017).

O cultivo de aveia preta pode suprimir até 25% da emergência em plantas daninhas, reduzindo ainda a capacidade de produzir massa seca naquelas que conseguirem se sobressair na área (STURM et al., 2018). Em trabalhos simulando o efeito do potencial alelopático de plantas de cobertura como trigo (*Triticum aestivum* L.), centeio (*Secale cereale*), *Vicia villosa*, trevo carmesim (*Trifolium incarnatum* L.) e de canola (*Brassica napus* L.) não se observou influência nas características morfofisiológicas e de produtividade na cultura da soja (SHELDON et al., 2021).

b) Nabo forrageiro

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L) é comumente utilizado como adubação verde, como cobertura do solo e ciclagem de nutrientes. A quantidade de resíduos vegetais produzidos pelo nabo forrageiro pode variar dependendo da região e condições edafoclimáticas, em função das facilidades ou dificuldades de produção de biomassa ou da taxa de decomposição desta (BASINGER e HILL, 2021; BENTO e BASTIANI, 2020; HANSEN et al., 2023).

O cultivo do nabo forrageiro no Brasil se dá principalmente em regiões de clima frio e úmido como o Sul. É uma espécie que tolera geada. Esta cultura tem ciclo de, aproximadamente, 120 dias, sendo que aos 60 dias a cobertura de solo chega a 70% e a altura da planta varia de 1 a 1,80 m (HANSEN et al., 2023) e chega a produzir entre 20 e 35 t ha⁻¹ de massa verde e 3,5 a 8 t ha⁻¹ de massa seca (XUE et al., 2020).

Possui capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo e, quando degrada, libera quantidades substanciais de macronutrientes, dentre esses o potássio e o nitrogênio (K e N) são disponibilizados em maior quantidade e velocidade para a cultura subsequente ao nabo (HANSEN et al., 2023). Além disso, é capaz de liberar substâncias alelopáticas, embora a parte aérea tenha níveis superiores ao observado nas raízes (WANDSCHER e PASTORINI, 2008).

A fitomassa do nabo forrageiro tem rápida decomposição devido à baixa relação carbono/nitrogênio (C/N), disponibilizando, de imediato, nutrientes às culturas subsequentes (SEIDEL et al., 2019). As raízes influenciam nas condições físicas do solo, atuando, especialmente, sobre a descompactação, tornando o solo mais permeável e solto (BENTO e BASTIANI, 2020). Sua baixa relação C/N faz com que o nabo decomponha mais rápido e possa perder o efeito alelopático.

c) Trevo persa

O trevo persa (*Trifolium resupinatum*) é uma leguminosa anual, de estação fria, originária de regiões de clima Mediterrâneo. Estudos descrevem o trevo persa como uma espécie com boa adaptação a solos hidromórficos, indicada principalmente para terras baixas do Sul do Brasil e com capacidade para produzir até nove toneladas de matéria seca nestas condições (GULARTE et al., 2019).

O trevo fornece nitrogênio durante o cultivo e, à medida que se decompõe sobre o solo, favorece a cultura seguinte proporcionando inúmeros benefícios ao solo e às

culturas de sucessão (WESTBROOK et al., 2021). Dentre estes benefícios está o aumento da atividade microbiana no solo, a prevenção da erosão do solo, a fixação de nitrogênio, e a conservação de nutrientes no solo, além da supressão de plantas daninhas (WESTBROOK et al., 2021; BASINGER e HILL, 2021).

Os rendimentos de grãos onde fora cultivado trevo persa apresenta incremento de 14 a 22,0% maior em relação aos tratamentos sem cobertura e o controle de plantas daninhas em áreas com trevo chega a 42% (GERHARDS, 2018). O que confirma a capacidade dessa espécie em suprimir as plantas daninhas na área de semeadura direta durante o período de entressafra. No banco de sementes os resíduos vegetais atuam como cobertura no solo, interferindo na germinação e na taxa de sobrevivência das plântulas de determinadas espécies de plantas daninhas.

Capítulo 1 - REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE LEITEIRO POR MÉTODOS QUÍMICOS E MECÂNICOS

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) possui elevado valor socioeconômico no mercado agrícola nacional, o que se atribui às diversas finalidades e subprodutos obtidos a partir do grão. A produção de soja no Brasil passou de 80 milhões em 1990 para 119 milhões de toneladas em 2018 (CONAB, 2023). No Brasil, a produtividade média dos últimos 10 anos foi de 3138 kg, enquanto no Rio Grande do Sul esse valor foi de 2694 kg (CONAB, 2023).

Dentre os fatores bióticos que ocasionam redução da produtividade, a ocorrência de plantas daninhas tem destaque, pois comprometem o potencial produtivo das cultivares. A maioria das plantas daninhas que ocorrem na área são provenientes do banco de sementes e germinam quando há condições favoráveis para o seu desenvolvimento (FORTE et al., 2018). Grande parte dessas sementes são viáveis, porém, dormentes, o que favorece a sua manutenção no solo e a sua ocorrência por vários anos a partir de uma única geração.

Na cultura da soja, uma das espécies que pode comprometer a produtividade é a *E. heterophylla* L., conhecida popularmente como leiteiro, pertencente à família Euphorbiaceae. A depender da infestação, essa espécie pode causar redução na produtividade de até 50% (CHEMALE e FLECK, 1982; MACHADO et al., 2015). As plantas de leiteiro florescem entre 48 a 55 dias após a emergência (BOLAJI et al., 2020) e produzem sementes até o final do ciclo, que dura, aproximadamente, 95 dias (LATI et al., 2019; HASSANPOUR-BOURKHEILI et al., 2020).

De maneira geral, a floração é desencadeada por processos fisiológicos complexos que resultam no desenvolvimento de estruturas femininas e masculinas

que darão origem às sementes (LAKSHMI et al., 2015). Quando esse processo é interrompido ou alguma dessas estruturas é prejudicada física, metabólica ou fisiologicamente, a formação e a viabilidade dessas sementes estarão comprometidas (AARESTRUP et al., 2008).

Os reguladores de crescimento desempenham papel importante nos processos fisiológicos e no equilíbrio da relação fonte-dreno, aumentando assim a produtividade e a qualidade das sementes colhidas (LAKSHMI et al., 2015; KUMAR et al., 2018). Produtos como hidrazida maleica (HM) ou giberelinas (GA_3), são denominados de reguladores e promotores de crescimento, respectivamente (MIRANSARI e SMITH, 2014; GAYATHRI et al., 2018; KARKI et al., 2021). O GA_3 é largamente utilizado em sementes para estimular a germinação e, em alguns casos, pode ser usado para aumentar a estatura das plantas, o número de flores e induzir a floração (KUMAR et al., 2018). Quanto aos efeitos da HM em plantas, ocorre a redução na divisão celular e restrição a permeabilidade da água, além de causar desequilíbrio a pressão da parede celular (KUMAR et al., 2018).

A cianamida hidrogenada (CH) e o ácido indol-butírico (AIB), são responsáveis por estimular a fase vegetativa em plantas, estimulando o desenvolvimento de meristemas mediante a atividade de auxinas (GILANI et al., 2019; WURZ et al., 2020). A CH é bastante utilizado na viticultura e atua promovendo a superação da dormência em gomos, com poucos relatos para o uso em sementes (KRASUSKA e GNIAZDOWSKA, 2012). Já, o AIB é utilizado com o intuito de estimular o enraizamento, devido as suas funções de alongamento celular, e participação no desenvolvimento de primórdios radiculares e raízes adventícias, juntamente com a auxina (FISCHER et al., 2008; TAIZ et al., 2017), favorecendo a formação de raízes durante o processo germinativo.

O controle com herbicidas na cultura da soja gera custos que podem variar entre 15 e 40% do custo total da compra de produtos fitossanitários (SOUZA et al., 2019). Diante disso, a mistura de fungicidas com inseticidas é comum em diversas áreas de soja (SILVA et al., 2018), com o objetivo de reduzir custos. Alguns pesquisadores têm testado a mistura de fungicidas associado ao uso de reguladores de crescimento, buscando atuar sobre a cultura, mas com efeitos positivos sobre o controle de plantas daninhas, como é o caso do uso de HM (IJAZ et al., 2015; WILSON et al., 2020).

Além dos métodos químicos, o uso de implementos que realizem o corte mecânico nas plantas pode ser alternativa eficiente para reduzir a população de plantas daninhas e a produção de sementes. Durante a colheita, o corte das plantas daninhas ocorre pela ação da barra de corte na plataforma da colheitadeira, ceifando a soja, por exemplo, e outros tipos de planta na área (COSTA et al., 2018).

Diante do exposto, formulou-se três hipóteses para este trabalho, sendo elas: 1) o corte mecânico nas plantas daninhas reduz o período necessário para emitir novas estruturas vegetativas e reprodutivas e o número de sementes por planta; 2) A aplicação de reguladores de crescimento inviabilizam a germinação das sementes ou o estabelecimento a ponto de reduzir a população de leiteiro em áreas de soja; 3) a aplicação de GA₃ e AIB supera a dormência e aumenta o percentual germinativo de sementes, enquanto o CH inibe a germinação.

Para testar as hipóteses formuladas, este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos: reduzir a produção de sementes de leiteiro por meio de mutações que causem a esterilidade e inviabilize a semente produzida; avaliar o efeito de diferentes reguladores de crescimento em diferentes fases de desenvolvimento da planta e a eficácia do corte mecânico e práticas de uso da terra sobre a qualidade fisiológica de sementes de leiteiro e da soja sobre a manutenção do banco de sementes no solo através do número de sementes produzida.

MATERIAL E MÉTODOS

Cada experimento foi posicionado conforme o ciclo de vida da planta daninha anual, conforme a Figura 1, sendo este com atuação no “triângulo a” da Figura 1, visando reduzir a produção de sementes de leiteiro. Foram conduzidos cinco experimentos nas dependências da Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão, durante os anos de 2019 e 2022. Os resultados da análise de solo encontram-se no Anexo A.

Experimento I – Níveis de HM e épocas de aplicação em condições de casa de vegetação

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação, em arranjo fatorial 2 x 6 (época x doses), com quatro repetições, em delineamento inteiramente casualizado (DIC). A produção de mudas de leiteiro foi realizada através da semeadura de uma

semente por célula, em bandejas de poliestireno expandido, contendo substrato comercial (Basaplant®). Sete dias após a semeadura, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos contendo 1,5 dm³ de solo, onde foram mantidas durante todo o ciclo.

Os tratamentos foram aplicados aos 30 dias após o transplântio (DAT) e aos 60 DAT (vegetativo e reprodutivo, respectivamente), usando seis concentrações de hidrazida maleica (0; 600; 1200; 1800; 2400; e 3000 mg L⁻¹) (SUBBARAO et al., 2012; KARKI et al., 2021). No preparo da calda foi usado as concentrações descritas, diluídas em água e aplicado com volume de calda de 150 L ha⁻¹.

Na aplicação foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com quatro pontas XR 110.02, espaçadas em 0,5 m entre si e posicionadas 0,5 m da superfície do solo presente nos vasos. Os dados de clima no momento da aplicação (7h10min) foram os seguintes: 23 °C, velocidade do vento igual a 4,68 km h⁻¹, UR% de 89%, luminosidade de 95%.

As variáveis analisadas foram: número de ramos laterais, número de sementes por planta, primeira contagem de germinação e porcentagem de germinação (%). O número de sementes foi quantificado com auxílio de contador eletrônico (Sanick ESC 2011).

Para a coleta das sementes de leiteiro, as inflorescências foram envoltas com tela de clarite do tipo mosquiteiro, com malha de 1,5 x 1,5 mm. Quando 50% ou mais das plantas cessaram a deiscência das sementes, foi realizado o corte do pedúnculo, coleta e limpeza das sementes. As avaliações da qualidade fisiológica nas sementes foram conduzidas conforme metodologia abaixo.

A primeira contagem de germinação (PCG %) foi realizada em conjunto ao teste de germinação, efetuando a contagem aos seis dias após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Teste de germinação: quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecido a 2,5 vezes o valor do peso seco do substrato, acondicionadas em caixas do tipo *gerbox* (11 x 11 x 3,5 cm) e mantidos em germinador do tipo BOD, equipadas com fonte de luz frontal composta por quatro lâmpadas fluorescentes brancas de 15w cada e fotoperíodo de 12 horas, com temperatura alternada de 20-30 °C (adaptado de Brasil, 2009). A contagem inicial e

final foi realizada aos seis e 16 dias após a instalação do teste para as sementes de leiteiro.

Para avaliação do número de sementes mortas ou viáveis, porém, dormentes, foi adotado o teste de tetrazolio. Para isto, as sementes foram cortadas longitudinalmente com auxílio de lâminas, e imersas em solução de tetrazolio (0,075%) e mantidas a 36 °C no interior da BOD, por 16 horas. Posteriormente, foi avaliado o número de sementes que apresentaram coloração rosada-avermelhada, consideradas como viáveis. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley). As variáveis número de ramos e número de sementes foram transformados para $\sqrt{x+0,1}$ e $\sqrt{x+1}$, respectivamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística, os dados qualitativos foram submetidos ao teste t e os quantitativos foram submetidos a análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022).

Experimento II – Fungicida em associação com Hidrazida Maleica na redução do número de sementes de leiteiro

Este segundo experimento foi conduzido a campo, utilizando o arranjo fatorial 2 x 3 (fungicida x época de aplicação) e um tratamento adicional (controle), delineado em blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela foi constituída de 12,5 m² (5 x 2,5 metros) e 6,75 m² de área útil. As parcelas foram infestadas com 40 sementes m⁻², 15 dias antes da semeadura da soja. A cultivar utilizada foi a Valente (6968 RSF). A densidade de semeadura foi de 14 sementes m⁻¹ linear. A semeadura da soja foi realizada em 25/11/21. As variações climáticas durante a condução do experimento foram monitoradas para auxiliar no entendimento das variáveis analisadas (Anexo B).

Os fungicidas utilizados foram Fox[®] (carboxamida + triazolintiona + estrobilurina) e Piori Top[®] (Azoxistrobina + Difenconazol). O tratamento controle não recebeu HM. Em cada época de aplicação, as demais parcelas receberam apenas fungicida, visando a prevenção de doenças fúngicas na cultura da soja.

A aplicação dos tratamentos foi realizada nos seguintes períodos: 1) V4 - 4 nós e a quarta folha trifoliolada, com bordos não mais se tocando (20/01/22); 2) R2 (florescimento pleno e uma flor aberta em um dos 2 últimos nós do caule, com folha

completamente desenvolvida - 15/02/22); e 3) R5.3 (granação de 26 a 50% - 04/03/22). A dosagem utilizada foi a recomendada na bula do produto comercial + dosagem do hormônio Hidrazida maleica (1800 mg L⁻¹), diluídos na calda de aplicação (150 L ha⁻¹).

As variáveis analisadas foram: número de plantas m⁻²; número de ramos e de sementes por planta de leiteiro, qualidade fisiológica das sementes (primeira contagem e germinação, sementes viáveis e inviáveis (avaliada pelo teste de tetrazolio)). Avaliou-se também os efeitos sobre as plantas e sementes de soja por meio das variáveis número de vagens e de grãos por planta, MMG e produtividade, bem como a condutividade elétrica, primeira contagem, germinação, envelhecimento acelerado, percentual de sementes mortas e de plântulas anormais na germinação.

Teste de condutividade elétrica: foram utilizadas 200 sementes de soja, distribuídas em quatro repetições de 50 sementes, pesadas e colocadas em copos plásticos contendo 75 ml de água destilada, durante 24 horas, a 25°C. Em seguida, se avaliou a qualidade de sementes, com o auxílio de condutímetro, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente (CARVALHO et al. 2009). Realizou-se a leitura da prova em branco - somente em água deionizada, sem a presença de sementes, e com os dados calculou-se a equação abaixo. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente (AOSA, 2002).

$$CE = \frac{\text{leitura solução com sementes} - \text{leitura da água}}{\text{Massa das sementes secas}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley). Não sendo necessário a transformação dos dados, procedeu-se com a análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística, os dados foram submetidos ao teste Dunnet, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022). O pacote utilizado foi o Tratamentos.ad (fatorial2.ad).

Experimento III – Reguladores de crescimento e manejo da soja atuando na produção de sementes e qualidade fisiológica de leiteiro

A condução do experimento III foi realizada a campo, no Centro Agropecuário da Palma. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em

esquema fatorial (2 x 4), com quatro repetições. O fator A se refere ao manejo adotado (parcelas com soja (CS) e sem soja (SS)) e o fator B englobou três hormônios (GA₃, AIB e CH) mais a testemunha.

As concentrações dos hormônios foram definidas após revisão bibliográfica, baseadas em pesquisas que estudaram espécies daninhas e sua resposta germinativa (WILSON, 1981; BUZZELLO et al., 2017; HOSSEL et al., 2017; SHUAI et al., 2017), empregando, assim, 500 mg L⁻¹, 260 mg L⁻¹ e 4 L ha⁻¹, de GA₃, AIB e CH, respectivamente. Cada parcela foi constituída de 12,5 m² (5 x 2,5 metros) e 4,8 m² de área útil. Na primeira safra foram distribuídas aleatoriamente sementes de leiteiro na área experimental, mantendo 9 plantas por parcela.

No primeiro ano, a semeadura da soja (BMX Zeus IPRO) foi realizada em 14/12/19. No segundo ano a semeadura da soja foi realizada em 27/11/20, usando 16 sementes por metro (BMX Icone IPRO). Para o controle das plantas daninhas foi aplicado o herbicida cletodim (100 g i.a. ha⁻¹), enquanto as dicotiledôneas, com exceção das plantas de leiteiro, foram eliminadas manualmente durante todo o ciclo da cultura.

Os tratamentos foram aplicados com auxílio de pulverizador costal, pressurizado com CO₂, distribuindo volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹, quando 50% ou mais das plantas daninhas estavam em plena floração, o que corresponde ao estágio R5.1 (safra 19/20) e R1 (safra 20/21) da soja. A justificativa para tal procedimento está atrelada ao florescimento das plantas de leiteiro em épocas distintas, dado as condições climáticas que favoreceram a floração.

Ao longo de todo o experimento foram monitoradas as condições climáticas com base nas estações da EMBRAPA. As chuvas acumuladas ao longo dos períodos experimentais foram de 814mm (Anexo C) e foram consideradas satisfatórias para obter altos rendimentos na soja (ZANON et al., 2016).

A coleta das sementes de leiteiro foi realizada conforme descrito no experimento I do capítulo I. Quando 50% ou mais das plantas cessaram a liberação das sementes, foi avaliado o número de plantas m⁻² e realizado o corte do pedúnculo, coleta e limpeza das sementes. Procedendo então, com os testes de primeira contagem, germinação, percentual de sementes viáveis e inviáveis (por meio de tetrazolio), de modo similar ao descrito no experimento I.

Nas plantas e sementes de soja também foram avaliados o número de vagens e de sementes por planta, coletando as plantas em 1 metro linear, dentro da área útil de cada parcela. Para calcular a produtividade da soja, o peso da semente colhida e beneficiada foi corrigido para a umidade de 13% para a obtenção da média de produtividade (kg ha^{-1}). Também foi avaliado a massa de mil grãos, primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação (BRASIL, 2009), envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999) e emergência em canteiro. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Emergência: empregou-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento. A avaliação foi baseada na contagem final do total de plântulas emergidas, realizada 16 dias após a semeadura, quando a porcentagem de plântulas permaneceu constante. O resultado foi expresso em porcentagem de plântulas emergidas. A umidade do solo foi mantida próximo a capacidade de campo por meio de irrigações diárias com auxílio de regador.

Atendidos os pressupostos da análise de variância, os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância com médias comparadas pelo teste t e Duncan, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022).

Experimento IV – Controle mecânico e potencial produção de sementes em plantas de leiteiro

Este experimento foi conduzido em casa de vegetação com delineamento inteiramente ao acaso, usando dois tratamentos (com e sem corte da parte aérea) e quatro repetições de cinco plantas. A produção de mudas de leiteiro foi realizada conforme descrito no experimento I. Sete dias após a semeadura, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos contendo $1,5 \text{ dm}^3$ de solo, onde foram mantidas até que tivessem mais de 20 centímetros de estatura ou iniciassem a floração. Nesta fase, metade das plantas foram cortadas numa estatura de 10 cm acima do solo para avaliação posterior do rebrote.

A coleta das sementes foi realizada conforme descrito no experimento I do capítulo I. As variáveis analisadas foram: estatura das plantas aos 60 e aos 115 dias após a semeadura (DAS), número de ramos laterais nas plantas, número de sementes

por planta, primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação (%), bem como o percentual de sementes viáveis e inviáveis.

O número de sementes foi quantificado com auxílio de um contador eletrônico Sanick ESC 2011. A contagem do número de ramos foi realizada ao final do experimento, momentos antes do corte do pedúnculo e coleta das sementes. Os demais testes foram conduzidos semelhantemente ao que foi descrito no experimento I.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley). Apenas a variável percentual de sementes viáveis foi transformada para $\sqrt{x + 0,1}$. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022).

Experimento V – Níveis elevados de reguladores de crescimento em plantas de leiteiro

Este experimento foi realizado a campo em delineamento uni fatorial de blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela foi constituída de 12,5 m² (5 x 2,5 metros) e 6,75 m² de área útil. Toda a área foi infestada com 40 sementes de leiteiro m⁻², 60 dias antes da semeadura da soja (23/09/21). A cultivar utilizada foi a Valente (6968 RSF). A semeadura da soja foi realizada em 25/11/21. A densidade de semeadura foi de 14 sementes m⁻¹ linear. Ao longo de todo o experimento foram monitoradas as condições climáticas com base nas estações da EMBRAPA, conforme apresentado no Anexo D.

A concentração adotada no preparo das soluções foi de 1800 mg L⁻¹ de HM; 1000 mg de GA₃ L⁻¹, 520 mg L⁻¹ de AIB e 8 L de CH ha⁻¹. Além do tratamento controle (sem a aplicação dos reguladores/hormônios). Os tratamentos foram aplicados com auxílio de pulverizador costal, pressurizado com CO₂, distribuindo um volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹, quando 50% ou mais das plantas daninhas estavam em plena floração e a soja no estágio R5.1 (safra 21/22).

A coleta das sementes foi realizada conforme descrito no experimento I do capítulo I. As variáveis analisadas no final do experimento foram: número de plantas m⁻², número de ramos laterais nas plantas e número de sementes por planta,

semelhante ao que foi realizado no experimento IV, bem como a primeira contagem de germinação e porcentagem de germinação, conforme metodologia detalhada no experimento I. O número de sementes foi quantificado com auxílio de um contador eletrônico (Sanick ESC 2011).

Nas plantas e sementes de soja também foram avaliados o número de vagens e de sementes por planta, produtividade da soja, massa de mil grãos, primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação, envelhecimento acelerado, semelhante ao descrito no experimento III e condutividade elétrica (conforme o experimento II), bem como o percentual de sementes mortas e plântulas anormais, conforme Brasil (2009).

Atendidos os pressupostos da análise de variância, os dados foram submetidos a análise de variância com médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos experimentos foram descritos na mesma ordem de condução, conforme descritos no Material e Métodos.

Experimento I - Níveis de HM e épocas de aplicação em condições de casa de vegetação

Todas as variáveis analisadas tiveram significância estatística dos tratamentos aplicados, com exceção da variável número de ramos (NR) (Anexo E). Um dos principais efeitos da HM em plantas é a formação de ramos laterais (KUMAR et al., 2018), no entanto isso não foi constatado em plantas de leiteiro em condições de casa de vegetação nos estádios estabelecidos.

O menor número de sementes de leiteiro foi obtido quando se empregou 1800 mg L⁻¹ de HM ainda na fase vegetativa das plantas (Época 1, Figura 2A). Contudo, níveis inferiores e superiores a estes não foram tão eficientes. No estádio reprodutivo das plantas (Época 2), não houve efeito significativo e o modelo testado não se ajustou aos dados, resultando em 157 sementes, em média, por planta avaliada. A HM tem efeito inibidor no florescimento e na formação de sementes, devido a formação de flores femininas em maior número com relação às masculinas (SARKAR et al., 2019).

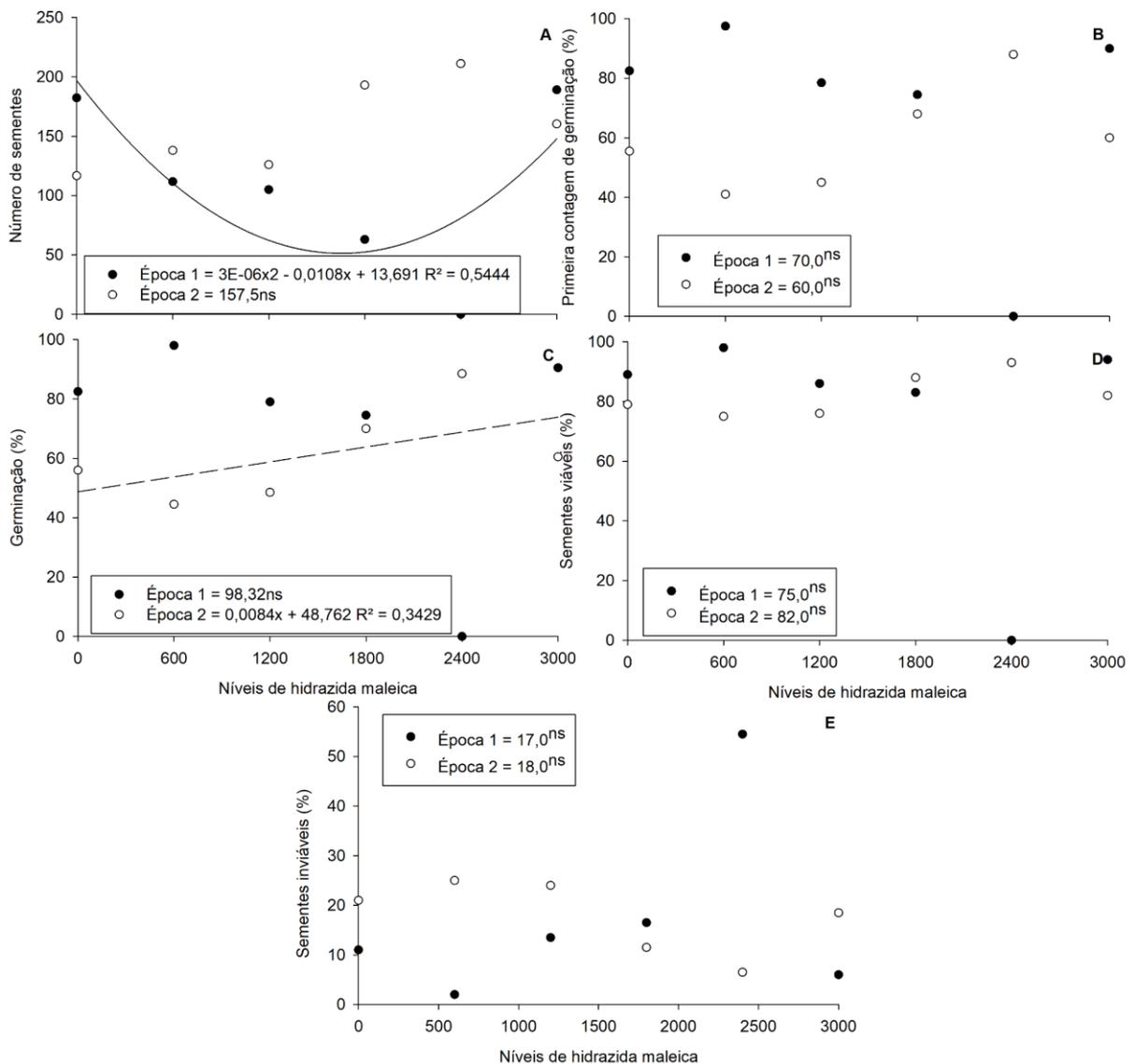


Figura 2. Número de sementes (A), primeira contagem de germinação (B), percentual de germinação (C), sementes viáveis (D) e inviáveis (E) em plantas e sementes de leiteiro sob diferentes épocas de aplicação e níveis de hidrazida maleica. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

A HM pode ter influenciado na produção de pólen e na baixa fertilização das flores, limitando no número de sementes (Figura 2A), o que difere do que foi observado em plantas de *Dendranthema grandiflorum* (ZEB et al., 2015) e de *Tagetes erecta* (KARKI et al., 2021). A HM pode ser absorvida rapidamente pelas raízes e folhas, podendo atuar em diversos processos celulares, incluindo RNA e DNA da planta (SWIETLIŃSKA e ZUK, 1978; MAMMADOVA et al., 2015). Logo, a aplicação ainda na fase vegetativa poderia resultar em alterações morfofisiológicas e na produção de indivíduos estéreis (sem sementes).

No que diz respeito ao percentual de germinação das sementes (Figura 2C), os maiores valores estimados pela equação foram obtidos quando se empregou até 3000 mg L⁻¹ de HM em plantas no estágio reprodutivo (Época 2), enquanto a aplicação ainda no estágio vegetativo resultou em pequenas variações para a qualidade fisiológica das sementes, avaliado por meio do teste de germinação. Dessa forma, ao utilizar, 1900 mg L⁻¹ de HM no estágio vegetativo, ter-se-á o mesmo potencial de germinação que se observou quando a aplicação foi realizada no estágio reprodutivo das plantas.

Esta constatação torna-se relevante devido a possibilidade de haver plantas escape e pela capacidade que o produtor terá em fazer aplicações antecipadas, evitando assim, a chuva de sementes e a renovação do banco com propágulos da espécie. Conforme relatado em outros trabalhos, o número de sementes no solo é influenciado por germinação, deterioração, parasitismo, predação e transporte (RADOSEVICH et al., 2007; FORTE et al., 2018). Contudo, a deterioração mencionada pelos autores faz referência a semente já formada, o que não é o caso neste trabalho, visto que a aplicação foi realizada quando as plantas ainda estavam no vegetativo ou quando a semente ainda estava em processo de formação.

Embora significativo, os dados para o percentual de sementes viáveis não se ajustaram aos modelos testados (Figura 2D). O aumento da capacidade de germinação das sementes gerou menor número de sementes viáveis a serem avaliadas ao final do teste, o que era esperado do ponto de vista fisiológico e quantitativo. Logo, somente aquelas que não germinaram é que foram submetidas ao teste de tetrazolio.

Quando avaliado a primeira contagem de germinação e o percentual de sementes inviáveis constatou-se diferença entre os tratamentos, contudo, os dados não se ajustaram aos modelos testados e, portanto, foram apresentadas apenas as médias para cada nível (Tabela 1). O vigor, caracterizado pela PCG, indica a capacidade que a semente possui de tolerar condições adversas (SILVA et al., 2021) e pode ser influenciada de forma significativa quando ainda na formação das sementes, de acordo com a composição química e em função das condições do ambiente.

Tabela 1. Valores médios para as variáveis primeira contagem de germinação (PCG) e percentual de sementes inviáveis, analisadas em plantas e sementes de leiteiro em função dos níveis de hidrazida maleica. FAEM/UFPEL, Capão do Leão – RS, 2023.

	Época	----- Níveis de hidrazida maleica (mg L ⁻¹) -----						CV(%)
		0	600	1200	1800	2400	3000	
PCG	1	82,0 a	97,0 a	78,0 a	74,0 a	0,0 b	90,0 a	10,52
	2	55,0 b	41,0 b	45,0 b	68,0 a	88,0 a	60,0 b	
Inviáveis	1	11,0 b	2,0 a	13,0 b	16,0 a	0,0 b	6,0 b	28,73
	2	21,0 a	25,0 b	24,0 a	11,0 a	6,0 a	18,0 a	

¹ letras iguais na coluna, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

O percentual de sementes inviáveis foi menor quando a aplicação de HM foi realizada no estágio vegetativo do que quando no reprodutivo em função dos níveis de HM utilizados (Tabela 1). Quando 25% das sementes produzidas são inviáveis, a competição interespecífica torna-se menor, favorecendo a cultura da soja e reduz o potencial de renovação do banco de sementes.

Experimento II – Fungicida em associação com Hidrazida Maleica na redução do número de sementes de leiteiro

A interação fungicida e épocas de aplicação se mostrou significativa para grande parte das variáveis analisadas (Anexo F). Houve interação para dois dos componentes de rendimento e para a qualidade fisiológica das sementes de soja. A HM em associação com os diferentes fungicidas aplicados em plantas de leiteiro não resultou em variações significativas para o número de plantas e de ramos por planta nas diferentes épocas de aplicação (Tabela 2).

Possivelmente a concentração do regulador de crescimento tenha sido baixa para causar efeito nas plantas. Vale salientar que o número de plantas teve influência preponderante do número de semente dispersas no solo antes da semeadura da soja, conforme descrito anteriormente e, portanto, não sofreu influência por parte dos tratamentos aplicados. O número de aplicações e a dosagem pode ter sido baixos, se considerado que outros autores observaram redução no número de plantas que receberam até 5 aplicações de HM (VENEZIAN et al., 2017).

Tabela 2. Valores médios para as variáveis analisadas em plantas e sementes de leiteiro em função do fungicida e da época de aplicação usando hidrazida maleica. FAEM/UFPEL, Capão do Leão – RS, 2023.

Fungicida	1ª Época	2ª Época	3ª Época	1ª Época	2ª Época	3ª Época
Número de plantas de leiteiro			Número de ramos de leiteiro			
Fox	1,0Aa ^{ns}	5,0Aa ^{ns}	4,0Aa ^{ns}	2,0Aa ^{ns}	6,0Aa ^{ns}	3,0Aa ^{ns}
Priori	3,0Aa ^{ns}	5,0Aa ^{ns}	7,0Aa ^{ns}	5,0Aa ^{ns}	5,0Aa ^{ns}	3,0Aa ^{ns}
Controle	4,0		4,0			
CV(%)	38,45		33,49			
Número de sementes de leiteiro						
Fox	354Aa ^{ns}	196,0Aab ^{ns}	44,0Bb*			
Priori	11,0Bb*	208Aa ^{ns}	208,0Aa ^{ns}			
Controle	242,0					
CV(%)	38,91					
Primeira Contagem de Germinação				Germinação		
Fox	71,0Aa ^{ns}	76,0Aa ^{ns}	73,0Aa ^{ns}	73,0Aa ^{ns}	81,0Aa ^{ns}	78,0Aa ^{ns}
Priori	72,0Aa ^{ns}	45,0Bb ^{ns}	64,0Aab ^{ns}	79Aa ^{ns}	57,0Ab ^{ns}	70,0Aab ^{ns}
Controle	67,0		72,0			
CV(%)	17,99		16,25			
Viável				Inviáveis		
Fox	11,0Aa ^{ns}	9,0Ba ^{ns}	15,0Aa ^{ns}	15,0Aa ^{ns}	9,0Ba ^{ns}	7,0Aa ^{ns}
Priori	15,0Aa ^{ns}	22,0Aa ^{ns}	18,0Aa ^{ns}	5,0Ab ^{ns}	21,0Aa*	11,0Aab ^{ns}
Controle	22,0		5,00			
CV(%)	47,44		41,95			

* Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo; ^{ns} = não significativo ao nível de 5% de probabilidade em relação a testemunha (controle) pelo teste de Dunnet.

A aplicação de HM + Fox[®] em plantas de leiteiro na terceira época, assim como o uso de HM + Priori[®] na primeira época foram eficientes em reduzir o número de sementes por planta de leiteiro (Tabela 2), enquanto os demais tratamentos resultaram em valores elevados para esta variável se comparados ao tratamento controle, o que pode incrementar o banco de sementes com essa espécie. A diferença entre os tipos de fungicida utilizados em cada época foi elevada, o que justifica o uso de uma das misturas em áreas infestadas com plantas de leiteiro no início do estágio reprodutivo.

O uso de misturas com fungicidas foi testado por outros autores e resultou no incremento da produção de sementes de *Brassica napus* (IJAZ e HONERMEIER, 2012). Enquanto outros autores constataram que a aplicação de glifosato ainda na fase vegetativa das plantas apresenta maior eficiência quanto a redução no número de sementes produzidas (PIASECKI et al., 2019). Os valores observados neste trabalho podem ser considerados elevados (CHACHALIS, 2015), embora não tenham diferido do tratamento controle (Tabela 2).

Tanto a primeira contagem quanto a germinação não diferiram do tratamento controle (Anexo F), mas a PCG foi menor quando se aplicou HM + Priori[®] na segunda

e na terceira época (Tabela 2). E diferiu na segunda época para os níveis de fungicida utilizados. Isto sugere que, nas plantas de leiteiro, a PCG e a germinação são influenciados negativamente pela mistura de HM e o fungicida Priori[®], favorecendo o controle populacional por meio da redução da viabilidade nestas sementes.

Resultados semelhantes foram observados em plantas de arroz quando se aplicou 10000 mg L⁻¹ (SOOGANNA et al., 2012). Em sementes de *Phelipanche* spp. o uso de 1829 mg L⁻¹ de HM foi capaz de reduzir 45% do percentual de germinação (VENEZIAN et al., 2017). De acordo com os autores, isto ocorre devido a capacidade que a HM possui de inibir a divisão celular e limitar o processo germinativo.

Ao considerar o percentual de sementes viáveis ao final do teste de germinação, o uso de Priori[®] em associação com a HM foi eficiente em reduzir a viabilidade das sementes quando comparado ao tratamento onde se utilizou Fox[®], ainda que ambos não tenham diferido do tratamento controle (Tabela 2). Quando se avaliou o percentual de sementes inviáveis, a aplicação de HM + Fox[®] na primeira e Priori[®] na segunda época resultaram nos maiores valores, ainda que constatado significância para os níveis do fator A na época 2 de aplicação, diferindo, inclusive do tratamento controle (Tabela 2).

O efeito dos tratamentos em plantas e sementes de soja foram avaliados por meio dos componentes de rendimento e da qualidade fisiológica das sementes de soja. No que diz respeito ao número de vagens (NVPP), a cultura da soja não foi modificada quanto a aplicação da HM e do tipo de fungicida utilizado (Tabela 3). Contudo, o número de grãos por plantas diferiu em, aproximadamente, 48% quando se aplicou Priori[®] no estágio V4 da soja (primeira época), se comparado ao tratamento com Fox[®].

Tabela 3. Valores médios para as variáveis analisadas em plantas e sementes de soja em função do fungicida e da época de aplicação usando hidrazida maleica. FAEM/UFPEL, Capão do Leão – RS, 2023.

----- Componentes de rendimento da soja -----						
	Número de vagens (NVPP)			Número de grãos (NGPP)		
Fox	72,0Aa ^{ns}	55,0Aa ^{ns}	65,0Aa ^{ns}	159,0Aa ^{ns}	100,0Aa ^{ns}	108,0Aa ^{ns}
Priori	38,0Ba ^{ns}	53,0Aa ^{ns}	74,0Aa ^{ns}	77,0Ba ^{ns}	102,0Aa ^{ns}	148,0Aa ^{ns}
Controle	53,0			102		
CV(%)	28,94			28,46		
	Massa de mil grãos			Produtividade		
Fox	150,9Aa*	146,7Aa*	151,3Ba*	1110,5Aa*	940,5Ba*	915,6Ba*
Priori	144,2Ab*	146,2Ab*	165,1Aa ^{ns}	846,8Bb*	1129,8Aa ⁿ	1178,0Aa ^{ns}
Controle	164,4			1170,5		
CV(%)	3,23			8,76		
Qualidade fisiológica das sementes de soja						
	CE cm ⁻¹ g ⁻¹			Primeira Contagem de Germinação		
Fox	1391,9Bb*	1391,2Ab*	1603,2Aa ^{ns}	48,0Aa*	50,0Ba*	47,0Aa*
Priori	1622,8Aa*	1345,2Ab*	1419,6Bb*	45,0Ab*	63,0Aa ^{ns}	56,0Aa ^{ns}
Controle	1513,1			65,0		
CV(%)	3,21			13,11		
	Germinação			Plântulas Anormais		
Fox	58,0Aa*	57,0Ba*	57,0Ba*	10,0Aa ^{ns}	9,0Aa ^{ns}	14,0Aa ⁿ
Priori	51,0Ab*	72,0Aa ^{ns}	66,0Aa ^{ns}	9,0Aa ^{ns}	8,0Aa ^{ns}	9,0Aa ^{ns}
Controle	75,0			6,0		
CV(%)	12,10			38,04		
	Sementes mortas			Envelhecimento acelerado		
Fox	31,0Aa ^{ns}	33,0Aa ⁿ	28,0Aa ^{ns}	37,0Aa*	43,0Aa*	41,0Ba*
Priori	39Aa ^{ns}	20,0Bb ⁿ	24,0Ab ^{ns}	34,0Ab*	41,0Ab*	54,0Aa*
Controle	19,0			73,0		
CV(%)	27,29			9,47		

* Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo; ^{ns} = não significativo ao nível de 5% de probabilidade em relação a testemunha (controle) pelo teste de Dunnet.

Uma das hipóteses é que a aplicação antecipada de HM (no estágio V4) provocou a retenção de fotoassimilados nas demais partes da planta e conseqüente atraso para translocar os fotoassimilados e em conseqüência uma maior presença de grãos “chochos”, resultando ainda em menor MMG (Tabela 3). De acordo com outros autores, o uso de redutores de crescimento em plantas de soja parece ter pouca influência sobre o rendimento de grãos (SOUZA et al., 2013).

Ao longo das três épocas de aplicação usando Piorior[®], o maior incremento para a variável MMG foi observado quando as plantas de soja estavam no estágio R5.3, diferindo do nível 1 do fator A (Fox[®]) mas sem diferir do tratamento controle. Logo, o uso do fungicida Piorior[®] em associação com a HM aplicados no referido estágio de

desenvolvimento da soja não prejudicou esta característica nos grãos e pode ser utilizado com o intuito de reduzir o número de sementes de leiteiro em áreas infestadas.

O número de vagens e de grãos são os principais componentes formadores da produtividade na cultura da soja. Aliado a isto, o componente físico massa de mil grãos (MMG) é determinante na produtividade. As avaliações de MMG na soja se relacionam ao peso dos grãos, de modo que materiais com elevado MMG podem resultar em um menor número de grãos (ou sementes) numa mesma saca de 60 kg, se a comercialização fosse realizada por número de sementes como é com a cultura do milho (CAPILHEIRA et al., 2020). Além disso, é durante o período de formação dos grãos que é determinado o incremento desta característica física, resultando em incrementos de produtividade.

Ao avaliar a produtividade da soja em função dos tratamentos aplicados, ambos os valores foram inferiores em relação a média observada para o estado (2480 kg) na safra 2021/22 (Tabela 3). Ao comparar os distintos níveis, constata-se que a aplicação de Priori® na segunda e terceira época (R2 e R5.3, respectivamente) se assemelharam ao tratamento controle, justificando mais uma vez o uso dessa mistura em áreas infestadas com plantas de leiteiro. Em outras condições experimentais, o uso de 500 mg L⁻¹ de HM foi suficiente para incrementar o número de vagens por planta, peso de vagem por planta e produtividade, resultando em 47,0, 29,0g e 3214kg ha⁻¹, respectivamente (LAKSHMI et al., 2015).

A integridade celular das sementes, avaliada pelo teste de condutividade elétrica, demonstrou que a aplicação de Fox® na primeira e na segunda época, assim como o uso de Priori® na segunda época resultaram em menores danos às células das sementes, diferindo do tratamento controle (Tabela 3). No que diz respeito ao vigor das sementes de soja, avaliado pela PCG, constatou-se valores inferiores ao observado no tratamento controle (onde não se aplicou HM em associação com algum fungicida) (Tabela 2). Além disso, a aplicação tardia de Fox® (época 3) ou antecipada com Priori® (época 1) foram prejudiciais ao vigor das sementes, avaliado na primeira contagem de germinação.

Resultados como os observados nestas variáveis também foram constatadas por outros autores ao avaliar o vigor em sementes que receberam até 10000 mg L⁻¹ de HM (SOOGANNA et al., 2012). A primeira contagem de germinação é considerada

por alguns autores como um índice de vigor na semente, visto que é conduzido juntamente com o teste de germinação e, portanto, não foi submetido a condições de estresse como no teste de envelhecimento acelerado (SILVA et al., 2021).

Os valores obtidos para o percentual de germinação nas sementes de soja foram relativamente baixos, independente dos tratamentos utilizados (Tabela 3). Os tratamentos que mais se assemelharam à testemunha foram aqueles onde se aplicou Priori® na segunda e na terceira época, sugerindo os melhores resultados quando em associação com a HM para reduzir a reentrada de sementes de leiteiro no banco do solo. Notadamente, o uso de fungicidas na soja tem influência positiva na qualidade fisiológica e sanitária das sementes colhidas (IJAZ e HONERMEIER, 2012; IJAZ et al., 2015).

De acordo com a análise de variância dos dados (Anexo F), em média, 10% das sementes avaliadas apresentavam variações que as caracterizavam como plântulas anormais após o teste de germinação, de acordo com os critérios estabelecidos por Brasil (2009). O percentual de sementes mortas foi relativamente alto, contudo, os menores valores foram obtidos na segunda e terceira época quando se empregou o fungicida Priori® em associação com a HM, ainda que constatada a interação para os níveis do fator A na segunda época de aplicação.

Considerando a média das duas variáveis mencionadas anteriormente, 38% das sementes não teriam condições de formar plântulas normais e com capacidade para atingir o teto produtivo que a cultivar possui. No entanto, estes resultados não devem ser atribuídos ao uso dos distintos tratamentos com fungicida e HM em associação, visto que não houve diferença estatística destes com o tratamento onde não se aplicou HM + fungicida nas plantas de soja. As condições edafoclimáticas podem ter contribuído para esta observação, pois, durante o período inicial da cultura, o volume de chuvas foi consideravelmente baixo (Anexo B) e pode ter limitado o potencial fisiológico e produtivo da cultura.

Quando em condições de estresse, 54% das sementes apresentaram queda no vigor (Tabela 3). Esta constatação pode ser atribuída ao uso das distintas misturas utilizadas, pois, além de se observar a interação entre os fatores testados, o tratamento controle foi significativamente superior aos demais resultados. Logo, em campos de sementes de soja o uso de Priori® ou Fox® em associação com a HM deve ser estritamente evitado, tendo em vista a manutenção do vigor das sementes.

Experimento III – Reguladores de crescimento e manejo da soja atuando na produção de sementes e qualidade fisiológica de leiteiro

As avaliações em pós-colheita das sementes de leiteiro resultaram em efeito significativo para a germinação e o percentual de sementes inviáveis na safra 2019/20 (Anexo G). Enquanto na safra seguinte (2020/21) o emprego dos diferentes níveis do fator A resultou em diferença para a primeira contagem de germinação e no percentual de sementes viáveis ao final do teste de germinação. Houve interação para a variável germinação em sementes de leiteiro ao combinar os fatores hormônio e manejo (presença ou ausência de soja nas parcelas).

As sementes de leiteiro coletadas em meio a soja apresentaram germinação superior ao obtido naquelas áreas onde não havia soja (Tabela 4). A população de plantas, bem como a competição e a interação de recursos limitantes influenciaram na qualidade fisiológica dessas sementes, de modo que, em condições favoráveis, 94% das sementes que caíram ao solo, em média, podem ter germinado e não iriam permanecer no banco de sementes. Contudo, é provável que as condições edafoclimáticas tenham influência em até 50% da viabilidade destas e reduzam o potencial germinativo das sementes de leiteiro (ASGARPOUR et al., 2020).

Tabela 4. Qualidade fisiológica avaliadas em sementes de *E. heterophylla* L. sob diferentes tratamentos hormonais e manejo de lavoura. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

Safra 2019/20					
	GCS	GSS	PSICS	PSISS	
	95,00a	93,00b	2,00b	4,00a	
CV(%)	2,27		3,00		
Safra 2020/21					
	Testemunha	GA ₃	AIB	CH	CV(%)
PCG	75,00b	82,00a	82,00a	82,00a	6,07
PSV	18,00a	9,00b	9,00b	10,00b	34,89
Germinação (%)					
COM	79,00aA	79,00aB	81,00aA	86,00aA	5,92
SEM	73,00bA	87,00aA	82,00abA	86,00aA	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). GCS = germinação em áreas com soja; GSS = germinação em áreas sem soja; PCG = primeira contagem de germinação; PSV = percentual de sementes viáveis (%); PSICS = percentual de sementes inviáveis em áreas com soja.; PSISS = percentual de sementes inviáveis em áreas sem soja.

Nas parcelas onde não houve o cultivo de soja, as plantas de leiteiro parecem crescer menos e formar um maior número de ramos, além de estarem expostas a condições adversas como vento e altas temperaturas no solo, bem como a umidade

tende a ser menor (LEUNG et al., 2018). Isto poderia prejudicar os aspectos quantitativos da formação de sementes (MACLAREN et al., 2019), o que pode justificar parte dos resultados observados no presente experimento (Anexo G).

O efeito isolado ou da interação sobre a variável primeira contagem de germinação, foi menos pronunciada no primeiro ano de avaliação do que no segundo (2020/21) (Tabela 4). Além dos fatores intrínsecos da semente, as condições edafoclimáticas podem ter influenciado nesta característica da semente, dado o ano atípico na primeira safra e as boas condições pluviométricas na safra seguinte (Anexo C).

Ao avaliar os resultados da safra 2020/21, o uso de GA₃ em áreas sem soja promoveu um incremento de 8% na germinação das sementes de leiteiro (Tabela 4). Comparando o fator hormônios nas áreas sem soja, esse resultado diferiu apenas do tratamento controle. As demais observações resultaram em valores inferiores a 86% de germinação, o que ainda é relevante se considerado que 14% das sementes permanecerão dormentes no banco de sementes do solo.

O uso de GA₃ em sementes tem se mostrado eficiente em diversas espécies, contudo, o efeito desse hormônio parece estar limitado a habilidade de penetrar nos tecidos da semente, tendo como barreira física o próprio tegumento da semente (JIMÉNEZ et al., 2008). Com o início do processo germinativo a sensibilidade da semente ao AIB e ao AIA diminui, principalmente, devido a atividade de genes relacionados a proteínas e fosfato (ASGARPOUR et al., 2020). Além disso, como as sementes não estavam completamente formadas quando da aplicação dos tratamentos, pode ter limitado a eficácia destes e por consequência não houve diferença entre os tratamentos.

As condições edafoclimáticas nos dois anos agrícolas influenciaram nos aspectos produtivos da soja, dado o ano atípico na primeira safra e as boas condições pluviométricas na safra seguinte (Anexo C). Contudo, na cultura da soja não houve influência direta dos hormônios aplicados como pode ser verificado por meio das avaliações do número de vagens e de sementes por planta de soja, bem como pela produtividade nos dois anos de avaliação (Anexo G).

Resultados semelhantes foram observados por Buzzello et al. (2017) ao avaliar os componentes de rendimento da soja em função do uso de Stimulate[®]. A redução do número de vagens por planta pode ser influenciada também pela interferência de

plantas daninhas e resulta na queda de produtividade, bem como no alongamento dos entrenós da planta (SOUZA et al., 2019).

Com base em observações na literatura, quando não há efeito dos tratamentos sobre o desenvolvimento da soja, o número de vagens e de sementes por planta são prioritariamente influenciados pelos atributos de vigor da semente que originou a planta (SOUZA et al., 2019; ASGARPOUR et al., 2020). Ademais, conforme o número de ramificações que a planta consiga expressar, isto irá influenciar no número de vagens e de sementes e, indiretamente, na produtividade da cultura.

Com exceção para a variável condutividade elétrica, as avaliações da qualidade fisiológica em sementes de soja não foram influenciadas pelos tratamentos utilizados ao longo dos dois anos agrícolas (Anexo H). Possivelmente, influenciados pelas condições climáticas (Anexo C). Os valores de germinação obtidos no segundo ano foram próximos ao mínimo exigido pela legislação de sementes e mudas (BRASIL, 2003). No que se refere ao vigor, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado e de emergência (Anexo H), os valores se assemelham aos observados em outros trabalhos onde se avaliou o efeito de distintos reguladores de crescimento em plantas de soja (BUZZELLO et al., 2017; SHUAI et al., 2017), geralmente associado a manutenção do balanço hormonal nas sementes.

As plantas de soja submetidas a aplicação de CH foram influenciadas negativamente quanto a formação de sementes de alto vigor, avaliada pela integridade celular durante o teste de condutividade elétrica das sementes em condições de laboratório (Tabela 5). Contudo esta característica foi mais pronunciada no segundo ano de avaliação no tratamento controle. Isto sugere que em ambientes favoráveis de produção para a cultura da soja (Anexo C), os reguladores de crescimento testados podem atuar como protetor e auxiliar na manutenção da qualidade fisiológica da soja.

Tabela 5. Condutividade elétrica em sementes de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

	Condutividade elétrica - CE (uS cm ⁻¹)	
	Safra 19/20	Safra 20/21
Testemunha	931,61b	827,91a
GA3	964,50b	790,89b
CH	1014,95a	773,04b
AIB	924,92b	697,21c
CV(%)	3,63	3,25

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CE = condutividade elétrica.

O teste de vigor é mais sensível para identificar diferenças sutis no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante (MEDEIROS et al., 2021). Isto porque na condução destes testes, a semente é submetida a condições adversas, o que permitirá o ranqueamento de lotes e a expressão de características que não ocorreriam em condições ideais de germinação. Enquanto a avaliação da CE reflete a integridade da membrana celular nas sementes (PRADO et al., 2019) e expressa as manifestações iniciais do potencial fisiológico da semente. Em determinados casos, o aumento de lixiviados a partir da semente pode ser causado por danos físicos e/ou fisiológicos em função do teor de água, temperatura, tempo de armazenamento (CAPILHEIRA et al., 2020), entre outros fatores.

Experimento IV – Controle mecânico e potencial produção de sementes em plantas de leiteiro

A estatura das plantas de leiteiro não foi influenciada pelo corte mecânico, visto que aos 60 e aos 115 dias a estatura foi a mesma (42 ± 5 cm) (Tabela 6). Isto sugere que o potencial de crescimento em condições de vaso é limitado ao nicho e não por uma única prática de controle mecânico, como observado por outros autores (POORTER et al., 2012).

Tabela 6. Valores médios para as variáveis analisadas em plantas e sementes de *E. heterophylla* L. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

	Sem corte	Com corte	CV(%)
Estatuta ¹ (cm)	41,6a	41,6a	5,87
Estatuta ² (cm)	46,3a	35,5a	19,99
NRL	4,0a	4,0a	23,60
NS	217,0a	140,0a	16,25
PCG (%)	52,0a	66,0a	17,22
G (%)	67,0b	85,0a	9,52
Viáveis (%)	21,0a	5,0b	36,62
Inviáveis (%)	11,5a	9,0a	36,06

¹ Estatura aos 60 dias; ² Estatura avaliada ao final do experimento; * Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). NRL = número de ramos; NS = número de sementes; PCG = primeira contagem de germinação; G(%) = germinação.

A formação dos meristemas se dá através da mobilização de reservas e, principalmente, devido a presença de fitormônios reguladores de crescimento, em especial a auxina (CASSEL et al., 2021). Quando o meristema apical é eliminado ou impossibilitado de continuar seu crescimento, tem início a formação de meristemas e ramos laterais, anteriormente inibidos pela dominância apical (CASSEL et al., 2021).

O número de ramos também foi constante em ambos os tratamentos, contudo, o corte foi eficiente na redução do número de sementes em, aproximadamente, 45% em relação ao tratamento sem corte (Tabela 6). Essa redução influencia diretamente na entrada de sementes no banco do solo resultando em um menor número de plantas que irão competir com a cultura principal na próxima safra (FORTE et al., 2018).

As plantas de leiteiro possuem a capacidade de brotar a partir das gemas/nós do caule, o que possibilita a retomada do crescimento e desenvolvimento (LATI et al., 2019). Diante disso, é possível a retomada do processo reprodutivo e formação de sementes com vigor semelhante àquelas plantas que não sofreram algum processo de injúria física ou mecânica. Apesar do estresse causado pelo corte aos 60 DAT, a recuperação das plantas ocorreu rapidamente, em 55 dias. Aparentemente, quando a espécie apresenta reservas caulinares e fácil disseminação, o controle mecânico (corte) não é eficiente a nível populacional (GIRALDELI et al., 2019).

Com base nos dados obtidos neste experimento, cada planta de leiteiro apresenta a capacidade de produzir em média 178 sementes (Tabela 6). Possivelmente, o corte possibilitou que as plantas dessem início ao estágio reprodutivo em período menos favorável, formando sementes em dias mais frios (BOLAJI et al., 2020). O corte das plantas aos 60 DAT favoreceu determinadas características da planta, promovendo incrementos na capacidade germinativa, visto que as sementes que não germinaram ainda estavam viáveis durante a avaliação com tetrazolio, o que sugere a presença da dormência nessas sementes (Tabela 6).

Experimento V – Níveis elevados de reguladores de crescimento em plantas de leiteiro

Com base nos dados obtidos ao final do experimento mediante a aplicação de HM, GA₃, AIB e CH em plantas de leiteiro, constatou-se que apenas o número de sementes (NSPL) foi influenciado pelos diferentes reguladores empregados em condições de campo (Anexo I). Apesar da diferença observada no NSPL, o uso dos distintos reguladores durante a fase reprodutiva não influenciou na qualidade fisiológica das sementes de leiteiro, avaliada pela primeira contagem e pela germinação.

O menor NSPL foi observado quando usado GA₃, que se assemelhou ao tratamento controle e com CH como sendo os de menor número de sementes

produzidas (Tabela 7). Em plantas de leiteiro a estrutura da inflorescência pode ter limitado o contato e ação dos produtos aplicados, sendo mais eficiente se as sementes estivessem expostas. A variação observada no NSPL é uma característica desejável em meio a lavoura de soja, de modo que quanto menor o número desses propágulos, maior a eficácia do produto utilizado.

Tabela 7. Número de sementes em plantas de *E. heterophylla* L. (NSPL). FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

	Controle	HM	GA ₃	CH	AIB	CV(%)
NSPL	177,0 ab	308,0 a	29,0 b	102,0 ab	270,0 a	60,88

* Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). CV(%) = coeficiente de variação.

A uniformidade no número de ramos em plantas de leiteiro demonstra que nem mesmo a HM na concentração testada foi eficiente em promover a formação de ramos laterais em maior número como observado em outros trabalhos (MAMMADOVA et al., 2015; KUMAR et al., 2018). Os demais tratamentos utilizados não deveriam ter influência direta na formação de ramos laterais, embora pudesse causar desbalanço hormonal e a formação de plantas com desenvolvimento diferente entre elas. O número de plantas nas parcelas refletiu apenas a população inicial a partir do banco de sementes, cuja infestação foi realizada antes da semeadura da soja e não sofreu efeito do produto ou da época de aplicação (Anexo I).

Ao avaliar a qualidade fisiológica nas sementes de soja em função dos reguladores aplicados na fase reprodutiva da soja, constatou-se efeito significativo para a maioria das variáveis (Anexo J). Contudo, os componentes de rendimento, em sua maioria, não foram influenciados pelo efeito dos tratamentos aplicados (Anexo J). Quando não há efeito dos tratamentos, o número de vagens e de sementes por planta é influenciado, principalmente, pelas características da cultivar (BAGATELI et al., 2020).

O número de vagens é uma das características que mais se altera devido ao estresse da competição com espécies daninhas (SOUZA et al., 2019), o que corrobora com os dados observados neste trabalho (Anexo J), na qual se observa uniformidade no número de plantas de leiteiro (5 plantas m⁻², Anexo I) e, portanto, baixa competição entre os tratamentos. A proporção de sementes de soja para cada vagem foi de 2:1, o que pode ser considerado baixo para a cultivar, visto que outros autores relataram valores de 3:1 (BUBANS et al., 2021).

No que diz respeito a massa de mil grãos de soja, os maiores incrementos para esta variável foram observados nos tratamentos onde se empregou GA₃, CH e AIB (Tabela 8). Em avaliações usando GA₃ antes ou durante o florescimento, alguns autores obtiveram incremento em estatura, ramificações e aumento na massa de vagens e sementes, principalmente devido às variações hormonais na planta durante o período de aplicação do regulador (NIGAM et al., 1983).

Tabela 8. Valores médios para as variáveis analisadas em sementes de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

	Testemunha	HM	GA ₃	CH	AIB	CV(%)
MMG	184,4 b	183,9 b	194,6 ab	212,72 a	204,1 ab	3,92
PCG	65,0 a	48,0 bc	59,0 ab	50,0 bc	44,0 c	11,85
G(%)	75,0 a	57,0 bc	70,0 ab	63,0 abc	50,0 c	9,57
Anormais	6,0 b	9,0 ab	7,0 b	7,0 b	14,0 a	20,00
Mortas	19,0 b	33,0 ab	22,0 ab	29,0 ab	36,0 a	26,00
Vigor	73,0 a	47,0 b	48,5 b	40,0 b	41,0 b	9,90
CE μS	1513,1 c	1589,3 b	1335,4 d	1709,6 a	1760,6 a	1,51

* Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Apesar das diferenças observadas na MMG da soja, isso não resultou em incremento de produtividade (Anexo J), cuja média foi muito abaixo daquela observada no Estado do RS na safra 2021/22 (3432 kg ha⁻¹). O desenvolvimento e o acúmulo de massa seca das plantas daninhas influencia de forma significativa os componentes de rendimento da soja, inclusive se levado em consideração a densidade populacional de plantas daninhas (SOUZA et al., 2019).

Uma aplicação de CH sobre a planta substitui o estímulo de auxinas, provocando uma brotação vigorosa e uniforme, o que poderia incrementar no número de ramos e na produtividade (SOUZA et al., 2021). Na planta, a auxina inibe a expressão de genes que regulam a síntese de citocininas e aumentam a expressão de genes envolvidos na sua degradação (TU et al., 2021).

Dentre as diferenças observadas nos tratamentos a nível de germinação, aqueles onde se aplicou HM, CH e AIB em plantas de soja tiveram o menor resultado para germinação (Tabela 8). Em contrapartida, ao empregar GA₃, a germinação da soja se assemelhou ao tratamento controle. O que justificaria sua utilização em áreas infestadas com essa espécie de planta daninha.

Tomando como padrão a recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para a comercialização de sementes de soja (BRASIL, 2013), o percentual de germinação obtido neste experimento foi relativamente baixo, inclusive

para o tratamento controle (Tabela 8). Além dos fatores relacionados ao tipo de regulador testado, as condições de clima não foram favoráveis no respectivo ano de estudo, conforme apresentado na Anexo D. Em anos atípicos, a formação de sementes com viabilidade e vigor elevados é comprometida devido a condições de estresse abiótico (TEIXEIRA et al., 2020).

As avaliações da qualidade fisiológica das sementes de soja, avaliada pela primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado demonstram que a aplicação de HM, CH e de AIB na lavoura com o intuito de reduzir a viabilidade das sementes de leiteiro não favoreceram o vigor da semente de soja (Tabela 8). Mas reduziu em, aproximadamente, 20% o potencial da soja em tolerar condições adversas durante o processo de formação de plântulas e o estabelecimento de estandes uniformes.

A aplicação dos diferentes tipos de reguladores de crescimento em plantas de soja resultou em plântulas anormais durante o teste de germinação em níveis que variaram de 7 a 16% do número de sementes (Tabela 8). O percentual de plântulas anormais tende a ser maior ao longo do tempo (durante o armazenamento, por exemplo) e ocorre em função da deterioração da qualidade fisiológica do lote (STRENSKE et al., 2015), podendo comprometer o estabelecimento da lavoura.

A porcentagem de plântulas anormais, o número de sementes mortas foi elevado nos quatro tratamentos onde se utilizou algum regulador de crescimento (Tabela 8). Lotes com elevado número de sementes mortas torna-se um sério problema ao produtor, tendo em vista que parte de suas sementes não irão germinar, bem como resultará em desuniformidade na linha de plantio (SILVA et al., 2017).

A integridade celular em sementes de soja, avaliada pela condutividade elétrica reflete no que foi observado para a germinação e o vigor, sugerindo um efeito desfavorável à integridade das membranas durante a formação e maturidade fisiológica dessas sementes (Tabela 8). Em concentrações elevadas, a CH interfere no sistema respiratório das células e processos enzimáticos que controlam a dormência das plantas (SOUZA et al., 2021), além de causar danos a componentes estruturais como proteínas, açúcares, lipídios e ácidos nucleicos e pode levar a danos celulares ou morte da semente (KRASUSKA e GNIAZDOWSKA, 2012).

A época de aplicação do CH influencia na resposta das plantas ao produto, de modo que, aplicações antecipadas podem proporcionar melhores resultados nas

plantas (SOUZA et al., 2021). Isso porque a CH possui efeito regulador do número de horas de frio na planta, influenciando no balanço hormonal e de desenvolvimento (SHARMA et al., 2016; WURZ et al., 2020).

CONCLUSÕES

A aplicação de 1800 mg L⁻¹ de HM nas plantas de leiteiro no estágio vegetativo reduziu o número de sementes por planta, enquanto essa mesma concentração aplicada no estágio reprodutivo aumentou o percentual de sementes inviáveis e reduziu o número de sementes de leiteiro sem prejudicar a produtividade e a qualidade fisiológica nas sementes de soja.

A aplicação de GA₃ (500 e 1000 mg L⁻¹) em áreas sem soja possibilitou o aumento no percentual de germinação de leiteiro em relação aos demais tratamentos testados e se mostrou eficiente para reduzir o número de sementes por planta. A aplicação de GA₃, CH ou AIB em lavouras de soja, não causou redução nos componentes de rendimento e na viabilidade das sementes de soja nos dois anos de avaliação. Todavia, ao empregar HM, CH e AIB usando o dobro da dose, houve um declínio na qualidade fisiológica das sementes e no estabelecimento das plântulas de soja.

O corte mecânico em plantas de leiteiro aos 60 DAT promoveu o aumento na porcentagem de germinação e reduziu o número de sementes viáveis.

Capítulo 2 - CONTROLE QUÍMICO E MECÂNICO PARA REDUZIR A REENTRADA DE SEMENTES DE LEITEIRO NO BANCO DE SEMENTES

INTRODUÇÃO

As plantas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.) estão entre as de maior ocorrência em lavouras de soja da região sul do Brasil, ocasionando perdas na produtividade de até 50% (GALON et al., 2018). A espécie se propaga por sementes, sendo esses propágulos de tamanho relativamente pequeno o que favorece a sua dispersão, contribuindo para a manutenção e renovação do banco de sementes.

A adoção de técnicas que reduzam o potencial de propagação pode resultar em menor número de plantas ocorrendo na área e, conseqüentemente, favorece a expressão do potencial produtivo da cultura. Algumas dessas técnicas podem ser por meio do controle químico ou mecânico, evitando o retorno dessas sementes para o solo durante o processo de colheita ou inviabilizando a semente produzida sem prejudicar a cultura (MEDAUAR et al., 2018; LATI et al., 2019).

No que diz respeito ao uso de produtos químicos a exemplo dos herbicidas e de outros produtos como a hidrazida maleica (HM) que tem atuação direta na síntese de auxina (KARKI et al., 2021) podem ser utilizados em diversas culturas com o intuito de reduzir o número de brotos e a estatura da planta (LAKSHMI et al., 2015; KARKI et al., 2021). Na planta, a auxina inibe a expressão de genes que regulam a síntese de citocininas e aumentam a expressão de genes envolvidos na sua degradação (TU et al., 2021). Os testes efetuados com plantas de *Tagetes erecta* L. comprovam a eficácia da HM (KARKI et al., 2021), cujas plantas cresceram menos em relação a testemunha, contudo, produziram maior número de flores e ramos laterais.

Além dos vários métodos de controle químico disponíveis, a adoção de determinadas práticas mecanizadas pode contribuir para o controle populacional e de propágulos na área, sem resultar em perdas de produtividade. As perdas que ocorrem

em toda a cadeia produtiva são elevadas, porém aquelas que ocorrem com o produto final são mais significativas, quer sejam qualitativas e/ou quantitativas.

Os propágulos podem ser dispersos inadvertidamente pelo agricultor, enquanto realiza suas atividades de manejo agrícola. Na colheita dos grãos, as sementes de plantas daninhas entram pela plataforma da colhedora, são processadas e separadas do grão e, posteriormente, são, em sua grande maioria, dispersas pela colheitadeira, retornando ao solo (WALSH e POWLES, 2014).

Apesar do processo eficiente de separação dos grãos na colheitadeira, esta é uma prática que contribui para a persistência e dispersão da população de plantas daninhas na área agrícola. Logo, quantificar e reter parte das sementes de plantas daninhas pode contribuir para reduzir a população de plantas e do banco de sementes do solo, resultando na melhoria de processos como o controle químico com herbicidas na cultura da soja na safra seguinte.

Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi: avaliar a influência da hidrazida maleica no processo germinativo de sementes de leiteiro submetidas a diferentes concentrações e períodos de exposição ao agente mutagênico e, quantificar o número de sementes que poderia retornar ao solo pelo saca-palha ou ficaria retido no compartimento de grãos (graneleiro), evitando o retorno destas para o solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Cada experimento foi posicionado conforme o ciclo de vida da planta daninha anual, conforme a Figura 1, sendo este com atuação na reentrada ou a chuva de sementes no solo (triângulo “b” da Figura 1). Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro no laboratório de Biometria do Centro de Herbologia e o segundo na área experimental da Palma, na Universidade Federal de Pelotas, conforme metodologia descrita abaixo.

Experimento I – Embebição em sementes de leiteiro com agente mutagênico inviabiliza a germinação

Neste experimento foi utilizado o agente mutagênico HM e dois períodos de embebição (SILVA et al., 1998; VWIOKO et al., 2019). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com arranjo fatorial 2 x 6, com quatro repetições. O fator A se refere aos períodos de embebição (uma e duas horas),

enquanto o fator B foi composto por cinco concentrações HM (0; 2000; 4000; 6000; 8000 e 10000 mg L⁻¹).

Para dissolver a HM foi usado água destilada (25 °C) sendo a solução agitada por 30 segundos em becker de vidro. As sementes foram acondicionadas nos beckers contendo a solução nas diferentes concentrações do hormônio onde permaneceram pelo tempo supracitado. Após o período de embebição, as sementes foram lavadas com água corrente, secas a sombra e, então, foram submetidos aos seguintes testes:

Primeira contagem de germinação (PCG %): realizado em conjunto ao teste de germinação, efetuando a contagem aos seis dias após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Teste de germinação: quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecido a 2,5 vezes o valor do peso seco do substrato, acondicionadas em caixas do tipo gerbox e mantidos em germinador do tipo BOD, equipadas com fonte de luz fluorescente branca e fotoperíodo de 12 horas, com temperatura alternada de 20-30 °C (adaptado de Brasil, 2009). A contagem inicial e final foi realizada aos seis e 16 dias após a instalação do teste, respectivamente. Concomitantemente, foi avaliado o número de plântulas anormais. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Tetrazolio: as sementes que não germinaram foram cortadas longitudinalmente, imersas em solução de tetrazolio (0,075%) e mantidas a 36 °C em BOD, por 16 horas. Posteriormente, com auxílio de lupa, foi avaliado o número de sementes que apresentarem coloração rosada-avermelhada, sendo estas consideradas como viáveis. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Comprimento de radícula e comprimento total: um novo teste foi conduzido utilizando quatro subamostras com 10 sementes, distribuídas no terço superior do papel, em caixas gerbox, e acondicionadas em germinador do tipo BOD (CARDOSO et al., 2009) com temperatura de 20-30 °C e fotoperíodo de 12 horas. A avaliação foi realizada no sexto dia após a instalação do teste, com auxílio de régua graduada em milímetros. Os resultados foram expressos em cm.

Massa seca de plântulas: Ao final da avaliação do comprimento da raiz e total, as plântulas foram separadas por repetição e acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft® e mantidas em estufa a 65 °C, com circulação forçada de ar durante 72

horas quando foram pesadas em balança de precisão 0,0001g. Os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística para o fator A, as médias foram comparadas pelo teste t, enquanto os dados quantitativos foram submetidos a análise de regressão, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022), ajustando o modelo que apresentou o $R^2 > 50\%$ e o menor desvio padrão dos resíduos. As variáveis plântulas anormais, comprimento da radícula e comprimento total foram transformadas para $\sqrt{x+k}$, \log de x e $\sqrt{x+k}$, respectivamente. A variável comprimento da radícula e total foram ajustadas ao modelo exponencial de três parâmetros:

$$y = y_0 + a \cdot \exp(-b \cdot x).$$

As variáveis primeira contagem de germinação, germinação e plântulas anormais foram ajustadas ao modelo linear:

$$y = a + bx$$

onde: y = variável resposta de interesse; a = é o intercepto ou coeficiente linear; b = representa a inclinação da reta; e x = níveis de HM (mg L^{-1}).

Experimento II – Coleta de sementes de leiteiro durante a colheita mecanizada reduz o banco de sementes no solo

Este estudo foi conduzido a campo, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por duas populações de plantas de leiteiro (4 e 8 plantas m^{-2}), coletadas em outra área de soja, previamente infestada e com densidade de até 15 plantas m^{-2} . A cultivar de soja utilizada foi a Valente (6968 RSF), cujo ciclo produtivo é de 140 dias para a região Sul.

A colheita da soja foi realizada manualmente em área de 1,8 x 5 m (9 m^2) e acrescentada duas populações de leiteiro em meio a soja. A trilha foi realizada em colhedora SLC® 2200 equipada com plataforma de 13 pés e conjunto de trilha do tipo radial. Os pontos de coleta das sementes foram: 1) pé de elevador de grãos (Figura 3.15); 2) pé de elevador da retilha (Figura 3.13); e 3) saca palha da colheitadeira (Figura 3.17). As variáveis analisadas foram: número de sementes recuperadas

(considerando a população de plantas em 1 m²), germinação de sementes em função da população de plantas e dos pontos de coleta.

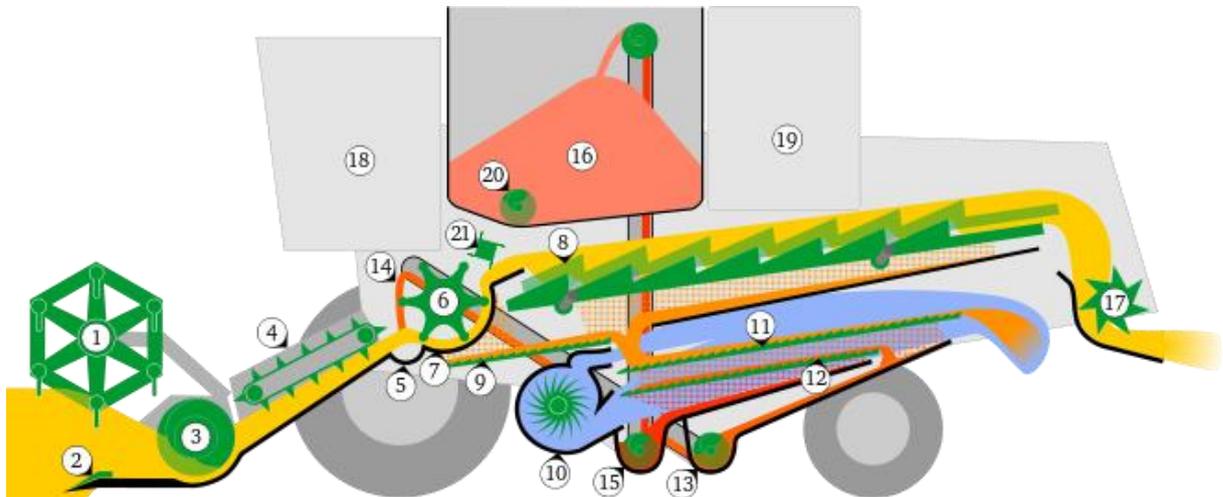


Figura 3. Colheitadeira convencional (corte). A cor amarela é a colheita, o laranja é o resíduo, o azul é o ar forçado e o vermelho é o grão. 1) Carretel; 2) Barra de corte; 3) Trado de cabeçalho; 4) Transportador de grãos; 5) Armadilha de pedra; 6) Tambor de debulha; 7) Côncavo; 8) Andador de palha; 9) Painela de grãos; 10) Ventilador; 11) Peneira ajustável superior; 12) Peneira inferior; 13) retilha; 14) Debulha de rejeitos; 15) elevador de grãos; 16) Tanque de grãos 17) Saca-palha 18) Cabine do motorista; 19) Motor; 20) Trado de descarga 21) Impulsor.

Fonte: Adaptado de QUICK e BUCHELE (1978).

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022). Não houve a necessidade de transformar as variáveis ao testar os pressupostos da análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram apresentados separadamente, conforme descrito na metodologia.

Experimento I – Embebição em sementes de leiteiro com agente mutagênico inviabiliza a germinação

As avaliações em sementes de leiteiro apresentaram efeito significativo para a interação tempo e níveis de HM aplicados em condições de laboratório para as variáveis primeira contagem e germinação (Anexo K). As demais variáveis

apresentaram efeito simples para um dos fatores analisados, com exceção para a massa seca das plântulas, a qual não apresentou significância estatística. Dessa forma, procedeu-se o desdobramento dos dados e interpretação dos resultados com base nas médias e análise de regressão.

A primeira contagem de germinação foi influenciada pela interação dos fatores tempo e níveis de HM, com pontos de mínima estimados ao utilizar a maior dose (Figura 4A). Considerando a maior dose testada, constatou-se redução de 88,0 e 77,0% em relação aos valores obtidos no tratamento controle, respectivamente, para 1 e 2 horas de embebição. De semelhante modo, o percentual de germinação reduziu à medida em que houve o incremento de HM em função do tempo de embebição (Figura 4B). Isto fez com que apenas 14 e 15% das sementes germinassem quando se utilizou os maiores níveis de HM por uma e duas horas, nessa ordem.

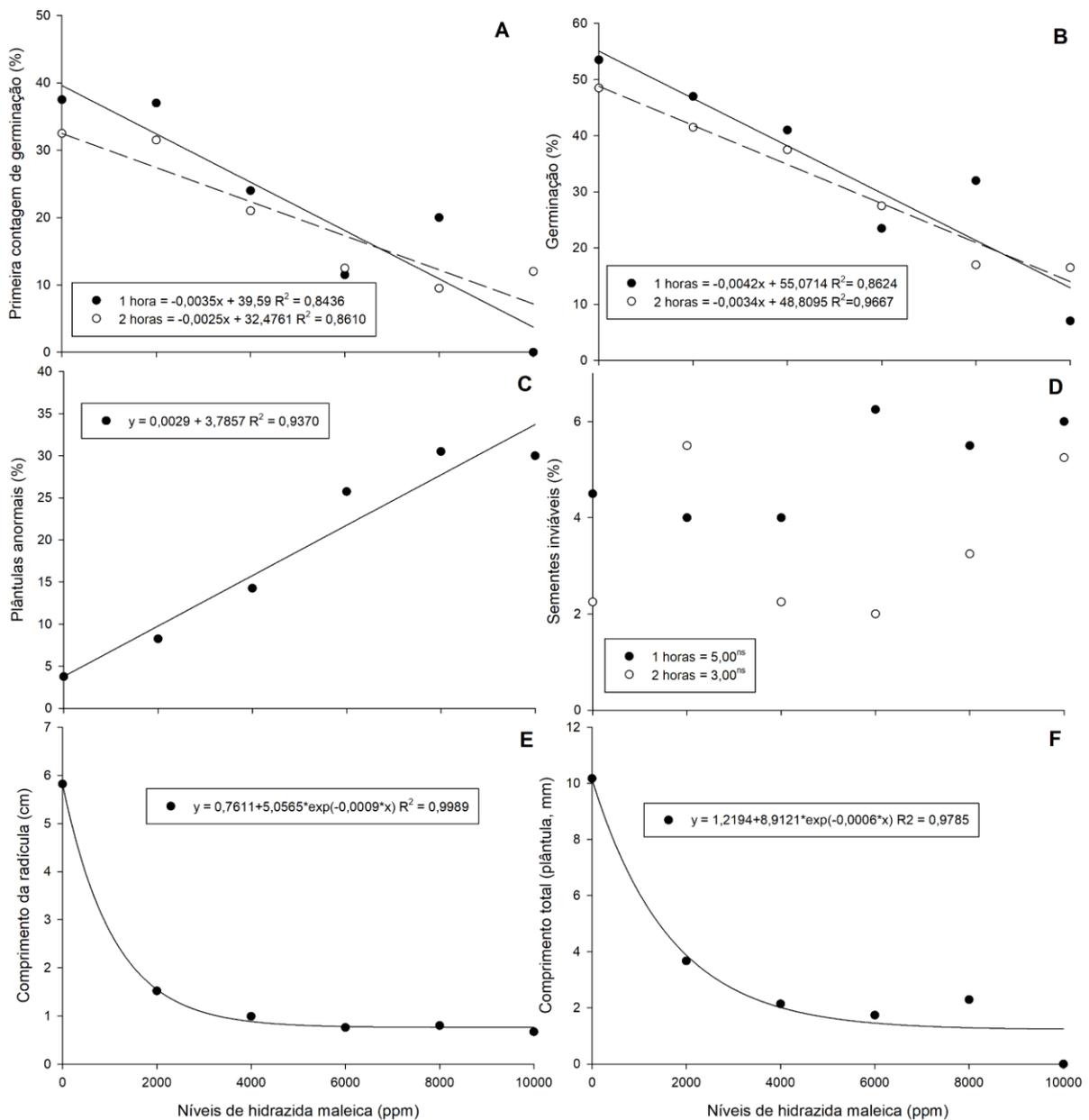


Figura 4. Primeira contagem (A), germinação (B), percentual de plântulas anormais (C) sementes inviáveis (D), comprimento da radícula (E) e total (F) em plântulas de *E. heterophylla* L. em função de tempo de embebição e concentrações de hidrazida maleica. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

Alguns autores relatam que o uso de doses menores de HM (0,001%) estimula a germinação em algumas sementes (MAMMADOVA et al., 2015), com forte dependência do tempo de tratamento ao qual as sementes são submetidas. Conforme relatos na literatura, as células em divisão são consideradas o local da ação primária da HM nas plantas (SWIETLIŃSKA e ZUK, 1978).

Resultados encontrados na literatura corroboram com os obtidos no presente experimento, de modo que a taxa de germinação também reduziu em função dos níveis de HM empregados em sementes (VENEZIAN et al., 2017). Por outro lado, foi

obtido aumento no percentual de germinação (50%) ao embeber as sementes por 24 horas antes do teste de germinação (KEPCZYŃSKI, 2021). A HM pode translocar pelos tecidos meristemáticos, inibindo a divisão celular por meio da perturbação mitótica (SWIETLIŃSKA e ZUK, 1978; VENEZIAN et al., 2017), o que pode ter gerado efeitos distintos em função da espécie utilizada.

Ao avaliar o percentual de plântulas anormais em função dos níveis de HM adotados, os resultados foram inversamente proporcionais ao percentual de germinação das sementes (Figura 4C). Dado o percentual de plântulas anormais, é provável que a HM tenha provocado um efeito fitotóxico e desencadeado a má formação de determinadas estruturas ao longo do processo germinativo. A ocorrência de plântulas anormais está diretamente relacionada com o aumento da deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Embora as plântulas anormais avaliadas aqui não tenham estruturas que formem uma planta potencialmente competitiva, a sobrevivência dela no campo pode gerar propágulos e renovar o banco de sementes no solo (CARMONA, 1992). Contudo, as práticas de manejo e a competição com a cultura poderiam reduzir consideravelmente o potencial de sobrevivência dessas plântulas e/ou a produção de sementes.

O percentual de sementes inviáveis foi menor no período de duas horas em relação ao período de uma hora, o que pode ser benéfico em termos práticos, reduzindo o tempo necessário para se obter resultados satisfatórios e inviabilizar parte das sementes (Tabela 9). Em outros trabalhos, constatou-se o aumento no número de sementes mortas com períodos crescentes usando HM, devido à longa exposição do produto, prejudicando a semente (JIMÉNEZ et al., 2008; KARKI, et al., 2021).

Tabela 9. Percentual de sementes inviáveis. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

	Tempo de embebição		CV(%)
	1 hora	2 horas	
Sementes Inviáveis	5,0 a	3,0 b	32,70

* Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Duncan ($p>0,05$).

Os dados de comprimento da raiz primária se ajustaram a equação exponencial de dois parâmetros (Figura 4E). Verificou-se que o uso de HM em níveis acima de 3500 mg L⁻¹ inibiu o crescimento da raiz, resultando em valores inferiores a 1 cm de

comprimento ao empregar até 10000 mg L⁻¹. Corroborando com os dados observados em avaliações com *Cucumis sativum* (SARKAR et al., 2019).

Esses resultados podem ter ocorrido por que a HM possui a capacidade de inibir a síntese de auxina e, dessa forma, o crescimento das plântulas (LAKSHMI et al., 2015; KUMAR et al., 2018; KARKI et al., 2021). Além disso, danos de cunho fisiológico à radícula causada pelo produto pode ter comprometido o desenvolvimento e limitado o crescimento (HAGEMANN et al., 2010).

O comprimento total das plântulas reduziu expressivamente quando os níveis de HM aumentaram de 2000 para 10000 mg L⁻¹, resultando em apenas 0,76 cm quando se utilizou a dose máxima do anti-auxinico HM (Figura 4F). O agente mutagênico HM inibe (dentre outros efeitos) a expressão da auxina (LAKSHMI et al., 2015) e, possivelmente, pode ter inibido a expressão do gene eEF1A, responsável pelo alongamento de células durante o processo germinativo (MIRANSARI e SMITH, 2014), o que ocasionou a redução do comprimento da raiz e total das plântulas em relação àquelas do tratamento controle (dose 0).

Experimento II – Coleta de sementes de leiteiro durante a colheita mecanizada reduz o banco de sementes no solo

Os dados obtidos a partir das operações de trilha (colheita) das sementes de leiteiro com a soja resultaram na interação dos fatores analisados para a variável número de sementes de leiteiro, enquanto o percentual de germinação não diferiu em nenhum dos níveis testados (Anexo L).

As coletas no pé de elevador da retrilha apresentaram o maior número de sementes recolhidas no sistema, representando, em média, 86,22% do total de sementes (Tabela 10). As plantas de leiteiro possuem potencial para produzir até 500 sementes por planta (LATI et al., 2019; BOLAJI et al., 2020). Contudo, no momento de avaliação deste experimento cada planta apresentava, em média, 158 sementes. Vale salientar que grande parte das sementes já havia sido dispersa na área, de modo que este número é referente aquelas que não apresentaram deiscência e puderam ser coletadas após o processo de trilha.

Tabela 10. Valores médios para os dados avaliados em sementes de leiteiro coletadas na colheitadeira. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

Plantas	Sementes de leiteiro ¹			CV(%)	Germinação (%)			CV(%)
	Saca-palha	Retrilha	Elevador		Saca-palha	Retrilha	Elevador	
4	34,0Ab	137,0 Bab	736,0Ba	65,90	51,0Aa	52,0Ba	54,0Aa	5,08
8	8,0Ab	5,0 Ab	28,0Ab		54,0Aa	57,0Aa	54,0Aa	

* Letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Duncan ($p>0,05$). ¹ considerando a população de plantas de leiteiro em 1 metro quadrado.

Durante as operações de colheita, as cápsulas se quebram prontamente, e algumas sementes são colhidas com os grãos. O repasse dessas sementes pode resultar no retorno delas para a saída da máquina (saca palha) e, a maior parte, pode ir junto com a soja para o granelheiro. Analisando o ponto de coleta no saca-palha, 2,27% das sementes retornariam ao solo após a colheita, além de um pequeno percentual proveniente do processo de retrilha. Isso daria, aproximadamente, 4 sementes por planta retornando ao solo. A estratégia de coleta ou destruição das sementes antes que elas retornem ao solo visa complementar as técnicas atuais que são ameaçados pela presença de plantas com resistência a herbicidas em lavouras de soja (SCHWARTZ-LAZARO et al., 2017).

Ao avaliar a germinação das sementes coletadas, apenas 54% delas germinaram (Tabela 10). Sendo que as demais podem ter apresentado dormência embrionária ou não estavam completamente formadas, dado que boa parte das plantas apresentavam frutos esverdeados e não deiscentes. Isto se explica pelo fato de que as plantas de leiteiro têm hábito de floração indeterminado, que pode resultar em flores, sementes imaturas e sementes maduras presentes na mesma planta (BOLAJI et al., 2020).

Levando em consideração o percentual de germinação das sementes coletadas (Tabela 10), a renovação do banco com 4 sementes por planta pode resultar em 21600 plantas ha⁻¹ na próxima geração, somadas ao percentual de sementes viáveis que retornaram ao solo durante a fase de deiscência dos frutos (chuva de sementes). Técnicas que contribuam para a coleta de sementes ainda na colheitadeira podem ser relevantes em meio ao controle de plantas daninhas. Queima controlada, enleiramento, capina controlada e uso do destruidor de sementes, dentre outros, são sistemas de controle de sementes de colheita usados para coletar e/ou inviabilizar sementes de plantas daninhas ainda na colheita.

No processo de colheita, é comum que pequenas sementes fiquem presas na colheitadeira, não só nas estruturas internas, como também em pequenos orifícios ou pontos contendo lubrificante (graxa) ou, ainda, no pneu das máquinas e sejam levadas para outras áreas (NORSWORTHY et al., 2016; BAGAVATHIANNAN, 2017). Portanto, os processos de limpeza e manutenção das máquinas ao final da colheita de uma determinada área é fundamental para evitar o transporte de propágulos para outras áreas e a consequente infestação com espécies outrora ausentes.

CONCLUSÕES

Experimento I

O uso de 10000 mg de HM L⁻¹ em sementes de leiteiro reduziu em, aproximadamente, 76% a viabilidade das sementes, com resultados semelhantes para as variáveis comprimento da raiz e comprimento total.

Experimento II

Durante o processo de colheita mecanizada o maior número de sementes de leiteiro fica retida junto com os grãos de soja. No saca-palha, o número de sementes que retornam ao solo tem o potencial de gerar até 600 plantas ha⁻¹ na próxima geração.

Capítulo 3 - SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA E SUPRESSÃO DA GERMINAÇÃO EM *E. heterophylla* L. VIA REGULADOR DE CRESCIMENTO

INTRODUÇÃO

Na cultura da soja as plantas daninhas são o principal fator que causa redução da produtividade, com destaque para as espécies da classe das Magnoliopsidas e, dentre estas, as plantas de *E. heterophylla* L. Esta espécie possui a capacidade de produzir até três gerações no mesmo ano agrícola (LATI et al., 2019; SILVA et al., 2020). São propagadas por sementes, que, geralmente, são dispersas por mecanismos explosivos (bolocoria) e apresentam baixo nível de dormência (MONQUERO e CHRISTOFFOLETI, 2005; BOLAJI et al., 2020).

A dormência em sementes é a incapacidade de germinar mesmo quando expostas a características ambientais favoráveis (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Em vários casos, a dormência surge como mecanismo de sobrevivência das espécies, principalmente no que se refere a plantas daninhas, que assim conseguem distribuir a germinação no tempo, favorecendo o estabelecimento de indivíduos e a colonização de novas plantas. A dormência de sementes pode ser classificada de várias formas, de acordo com a classificação de cada autor.

Os tipos de dormência mais comuns são causados por imaturidade fisiológica, pela presença de inibidores e a dormência tegumentar, caracterizada pela impermeabilidade do tegumento à absorção de água e/ou gases (BEWLEY et al., 2013). Esta, por sua vez, é atribuída à presença de camada de células esclerenquimatosas com paredes secundárias grossas lignificadas, comum em sementes de leiteiro (SUDA et al., 2003; CIPRIANI et al., 2019).

Para superar esse tipo de dormência e promover a germinação, alguns autores têm utilizado de métodos físicos e químicos, dentre estes, produtos hormonais. Este último, pode ser realizado por meio da aplicação exógena de ácido-indolbutírico (AIB),

ácido giberélico (GA_3), (DAMODARAN e STRADER, 2019), cianamida hidrogenada (CH) (JIMÉNEZ et al., 2008), dentre outros. O modo de ação desses hormônios é distinto entre eles e atuam em diferentes estruturas da semente (ou mesmo da planta).

O ácido Indol-butírico (AIB) é um composto auxínico endógeno utilizado, principalmente, como agente de enraizamento de mudas, além de induzir o alongamento radicular, epinastia das folhas e flexão do caule (DAMODARAN e STRADER, 2019). Sua função no processo germinativo e no crescimento da radícula ainda não está claro, dado a forma como o AIB atua na planta e, portanto, necessita de testes em condições controladas.

De forma geral, a GA_3 promove a biossíntese de enzimas hidrolíticas que atuam na degradação das reservas da semente, liberando parte da energia necessária para a germinação (MIRANSARI e SMITH, 2014). A concentração de GA_3 , por vezes, não resulta em elevados níveis de germinação em sementes dormentes, isto porque outros fatores podem estar associados ao mecanismo de dormência (DOMBROSKI et al., 2010; RODRIGUES JUNIOR et al., 2013). A superação da dormência em sementes de leiteiro usando GA_3 apresentou baixa eficácia (ALI et al., 2011) ou com resultados superiores a 70%, quando utilizado de 150 a 300 mg L⁻¹ de GA_3 (IKRAM et al., 2014).

A CH atua como complementação ao número de dias frios necessários para a superação da dormência (WURZ et al., 2020). Além disso, a CH consegue reduzir a sensibilidade ao ABA, particularmente durante a fase inicial da germinação (KRASUSKA e GNIAZDOWSKA, 2012), causando desbalanço hormonal e a expressão da GA_3 no processo germinativo.

Embora a CH promova a superação da dormência em frutíferas (WURZ et al., 2020), em condições de laboratório, sementes submetidas a diferentes concentrações desse hormônio se tornam inviáveis e, conseqüentemente, o número de sementes mortas ao final do teste de germinação foi elevado (JIMÉNEZ et al., 2008). Aparentemente, a emissão de cianeto de hidrogênio (HCN) durante a pré-germinação das sementes é o principal motivo para estes resultados em sementes (GNIAZDOWSKA et al., 2010).

Não foram encontrados relatos da utilização da CH em campos de produção de sementes. Em se tratando de espécies daninhas, tornar a semente inviável fará

com que haja redução no banco de sementes do solo, reduzindo a pressão de plantas daninhas nos cultivos comerciais e menor custo para o manejo.

As hipóteses que sustentam o desenvolvimento desta pesquisa parte do princípio de que o AIB e o GA₃ uniformizam e reduzem o tempo necessário à germinação das sementes, enquanto a atividade da CH inibe a germinação e emergência em sementes de leiteiro, reduzindo assim, o banco de sementes no solo. Diante disso, o objetivo desse estudo foi quantificar o efeito de diferentes promotores da germinação e a dose ideal para sementes de leiteiro e avaliar diferentes concentrações de cianamida hidrogenada sobre a germinação e emergência de sementes leiteiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Cada experimento foi posicionado conforme o ciclo de vida da planta daninha anual, conforme a Figura 1, sendo este com o intuito de evitar a chuva de sementes viáveis de leiteiro (parâmetro “c” da Figura 1). Foram conduzidos dois experimentos em laboratório e casa-de-vegetação, do Centro de Herbologia/FAEM/UFPEl.

Experimento I – Ação de reguladores de crescimento em sementes de leiteiro reduz o potencial germinativo

Este experimento foi conduzido em condições de laboratório, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, arranjado em esquema fatorial 3 x 5. O fator A testou três hormônios (AIB, GA₃ e CH), enquanto o fator B avaliou a diferentes concentrações dos hormônios (0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada). Com base na literatura, a concentração utilizada em sementes foi de 260 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 4 L ha⁻¹, de AIB, GA₃, e CH, respectivamente, como sendo a dose 100%.

Após o preparo das soluções, cada caixa gerbox[®] recebeu duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com a solução em volume de 2,5 vezes o peso seco do papel, onde foram semeadas 50 sementes de leiteiro por repetição. A partir de então foram avaliadas as seguintes variáveis:

Teste de germinação: foram distribuídas 50 sementes em caixas do tipo gerbox (10 x 10 x 3,5 cm), mantidas em germinador do tipo BOD, equipadas com fonte de luz frontal composta por quatro lâmpadas fluorescentes brancas de 15w cada, com

temperatura alternada de 20-30 °C (escuro/luz) e fotoperíodo de 12 horas (adaptado de Brasil, 2009). A contagem inicial (primeira contagem de germinação (PCG %)) e final (G %) foi realizada aos seis e 16 dias após a instalação do teste, respectivamente (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de plântulas e da raiz: quatro repetições de 10 sementes foram distribuídas no terço superior sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecido a 2,5 vezes o valor do peso seco do substrato, acondicionadas em caixas do tipo gerbox (10x10x3,5 cm) e mantidos em germinador do tipo B.O.D., com temperatura de 20-30 °C e fotoperíodo de 12 horas (CARDOSO et al., 2009). Aos 16 dias após a instalação do teste foi avaliado o comprimento de plântula e raiz com auxílio de régua graduada em milímetros. Os dados foram expressos em mm plântula⁻¹.

Percentual de sementes mortas ou viáveis (dormentes): foi adotado o teste de tetrazolio (AARESTRUP et al., 2008; COCHAVI et al., 2018). Para isto, as sementes foram cortadas longitudinalmente com auxílio de lâminas (evitando-se atingir o eixo embrionário), e imersas em solução de tetrazolio (0,075%) e mantidas a 36 °C no interior da BOD, por 16 horas. Posteriormente, com auxílio de uma lupa, foi avaliado o número de sementes que apresentarem coloração rosada-avermelhada, consideradas como viáveis. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). As variáveis PCG, G(%) Viáveis e Inviáveis foram transformadas para $\sqrt{x+1}$, enquanto CRAD e CPA foram transformadas para $\sqrt{x+0,01}$. Sendo constatada significância estatística, as médias do fator A foram comparadas por meio de intervalos de confiança, enquanto os dados do fator B foram submetidos a análise de regressão, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022). As variáveis foram analisadas por modelos lineares a exceção do percentual de sementes viáveis do comprimento da raiz que foram analisadas por meio de equação exponencial decrescente.

Experimento II – Cianamida hidrogenada em pré-emergência de leiteiro influencia no desenvolvimento das plantas

Visando avaliar concentrações de cianamida hidrogenada aplicada ao solo sobre a germinação e a emergência das sementes produzidas (parâmetro “c” da Figura 1), este estudo foi conduzido em condições de casa-de-vegetação e laboratório, no período de 30 de dezembro de 2020 a 20 de fevereiro de 2021. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com oito repetições, representada por vaso (1,5 dm³), contendo 10 sementes dispostas a profundidade de 0,5 cm. A porcentagem de germinação das sementes no dia da instalação do experimento foi de 35±3% e a viabilidade, avaliado pelo teste de tetrazolio, foi de 76±4%. A aplicação dos tratamentos foi realizada 12 horas após a semeadura nos vasos pré-umedecidos.

Para determinação da dose 1 de CH, foi adotada a recomendação em bula (dose comercial) para a cultura da videira, além dos resultados obtidos em testes preliminares realizados em laboratório. As doses utilizadas para se obter as curvas de dose-resposta foram 0,0; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 e 16,0 L ha⁻¹, equivalente a doses de 0, ¼, ½, 1, 2 e 4 vezes a dose comercial recomendada na bula (4 L ha⁻¹).

Para aplicação dos tratamentos propostos foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com quatro pontas XR 110.02, espaçadas em 0,5 m entre si, calibrado para aplicar volume de calda de 150 L ha⁻¹. No preparo da calda foi utilizado óleo mineral Assist® na proporção de 4% v/v, conforme recomendação na bula do fabricante.

Os dados médios do clima no momento da aplicação foram os seguintes: 25 °C, velocidade do vento igual a 6,48 km h⁻¹, UR% de 90%, luminosidade de 100%. As variáveis analisadas após a aplicação dos tratamentos foram: emergência de plântulas, estatura de plantas e massa seca da parte aérea.

A emergência total foi contabilizada ao final do experimento contando-se apenas as plântulas que apresentaram os cotilédones expandidos. Nesse período, avaliou-se a estatura das plântulas com auxílio de régua graduada em milímetros.

As sementes produzidas e coletadas ao final do experimento foram avaliadas por meio da primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação, percentual de plântulas anormais e de sementes viáveis e inviáveis, conforme descrito no experimento II do capítulo 1.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística, os dados foram submetidos a análise de regressão, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022), ajustando o modelo que apresentou o melhor R^2 e o menor desvio padrão dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados conforme descritos no material e métodos.

Experimento I – Ação de reguladores de crescimento em sementes de leiteiro reduz o potencial germinativo

A avaliação da qualidade fisiológica em sementes de leiteiro submetidas a diferentes concentrações dos hormônios AIB, GA_3 e CH resultou na interação dos fatores para os diferentes níveis testados, com exceção para a variável comprimento de radícula (Anexo M). Diante disso, procedeu-se o desdobramento dos fatores para análise dos dados.

Os dados observados para a primeira contagem de germinação não se ajustaram aos modelos testados para nenhum dos hormônios (Figura 5A). Observou-se vigor médio de 60%, nas sementes do tratamento controle. A variável primeira contagem de germinação serve como índice de vigor nas sementes analisadas (MARTINS et al., 2017), isto porque ele é conduzido juntamente com o teste de germinação e recebe condições ideais de luz, oxigênio e germinação nos primeiros dias do teste.

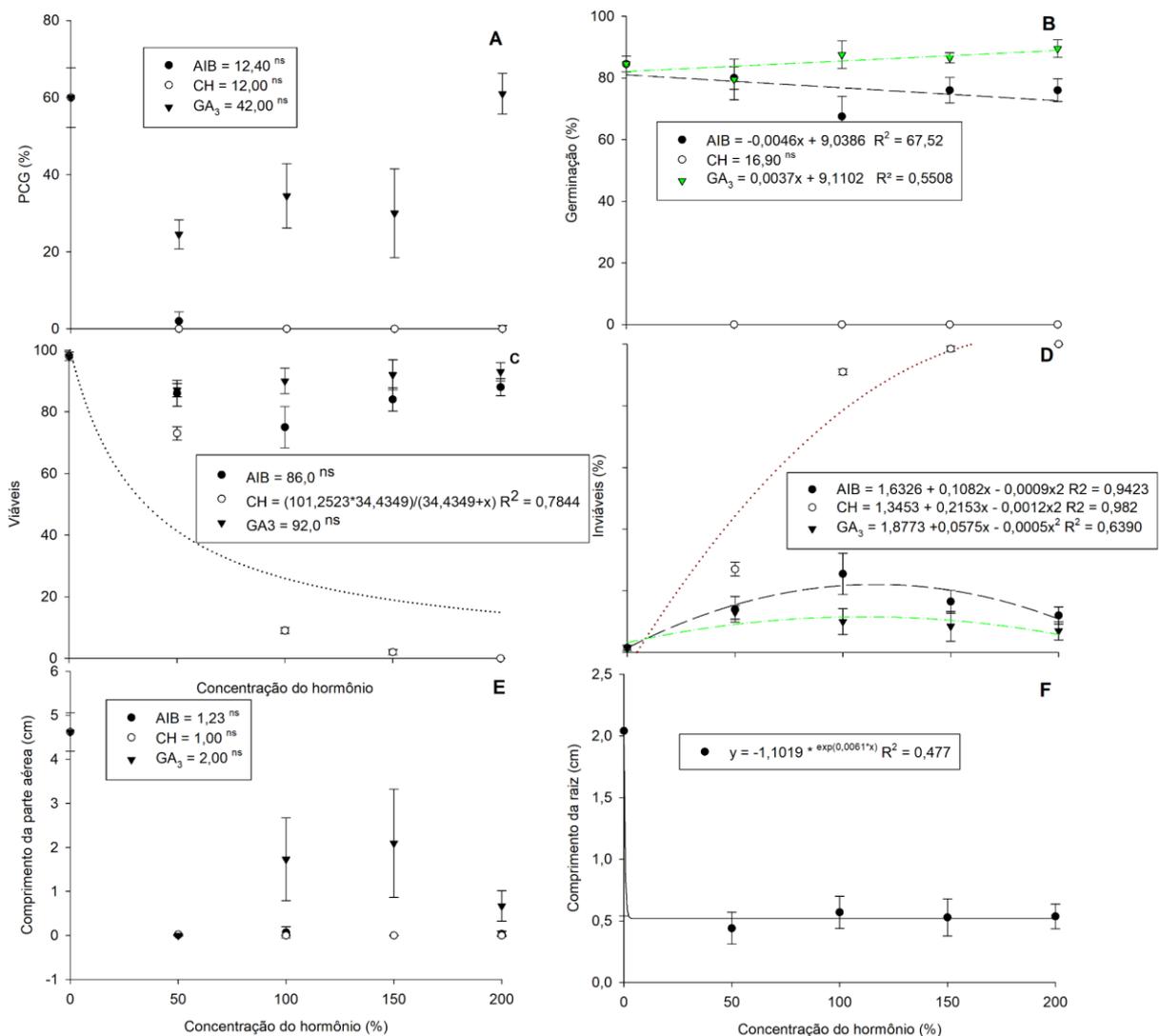


Figura 5. Efeito da interação de hormônios e das diferentes concentrações testadas em sementes de *E. heterophylla* L. em condições de laboratório. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

Com exceção para o tratamento com dose zero (controle), as sementes que receberam CH não apresentaram germinação a medida em que houve aumento na concentração de hormônio na solução (Figura 5B), bem como os dados não se ajustaram aos modelos testados. Quando se empregou AIB e GA₃, houve uma relação inversa no percentual de germinação, com uma redução de 0,05% e aumento de 0,04% ao empregar os respectivos tratamentos (Figura 5B).

Conforme os dados observados para a viabilidade (Figura 5C), ao utilizar níveis superiores a 50% da dose, menos de 40% das sementes permaneceram viáveis até o final do período de avaliação. Os dados para os demais reguladores de crescimento não se ajustaram aos modelos testados. A presença de cianeto de hidrogênio (HCN) parece inibir o desenvolvimento de enzimas e estruturas essenciais ao processo

germinativo em sementes (GNIAZDOWSKA et al., 2010). Na superação da dormência em sementes de pistacho (*Pistacia vera* L.) o uso de GA₃ (50, 100 mg/l), e CH (50, 100 mg/l), apresentaram níveis satisfatórios de germinação (60 e 80%, respectivamente) a partir das 385 horas após a embebição (BAYGI et al., 2015).

A manutenção da viabilidade nas sementes de plantas daninhas é algo indesejável em condições de campo, principalmente pelo fato de que sementes viáveis no solo podem germinar quando houver condição favorável para que isto ocorra (COCHAVI et al., 2018; ASGARPOUR et al., 2020). Em áreas de semeadura direta esse problema é relativamente menor, contudo, a manutenção dessas sementes na área pode vir a se tornar meio de dispersão ou de infestações posteriores, a depender das práticas de manejo adotadas na área (COSTA et al., 2018).

O maior número de sementes inviáveis foi obtido ao utilizar AIB e GA₃ nas concentrações de 120% e 116% (ponto de máxima). Contudo, foram valores significativamente menores que aquelas onde foi empregado doses crescentes de CH (180% da concentração) (Figura 5D). O efeito do GA₃ parece estar limitado, dentre outros fatores, pela difusão da solução nos tecidos da semente (RODRIGUES JUNIOR et al., 2013). Enquanto a CH possui a capacidade de inibir o desenvolvimento de estruturas essenciais da semente (GNIAZDOWSKA et al., 2010).

A ocorrência de sementes viáveis é indício de que a concentração usada de GA₃ foi insuficiente para superar a dormência das sementes, ou que o mecanismo de dormência foi pouco afetado pela adição de GA₃. Alterações na expressão dos genes GA₂₀-Oxidase e GA₃-Oxidase impedem que a semente inicie o processo germinativo devido ao desbalanço hormonal GA₃/ABA ou citoquinina, por exemplo (MIRANSARI e SMITH, 2014).

O comprimento da parte aérea nas plântulas foi menor quando utilizado acima de 77% da concentração de AIB recomendada (Figura 5E). A exceção foi observada para o tratamento com GA₃. O GA₃ atua no desenvolvimento de meristemas (BUZZELLO et al., 2017) e, portanto, pode ter promovido o maior desenvolvimento da parte aérea em plântulas de leiteiro. É possível que algumas plântulas cresçam defeituosas devido ao desbalanço hormonal AIB/AIA, principalmente pela ação de ácidos graxos β -oxidação, gerando crescimento reduzido (DAMODARAN e STRADER, 2019).

Independentemente do tipo de hormônio utilizado nas sementes, a variável comprimento de raiz em plântulas de leiteiro (Figura 5F) apresentou valores estáveis a medida em que houve incremento nas concentrações (estimado pela equação polinomial), atingindo o ponto de mínima quando se utilizou 5% da concentração testada. O desenvolvimento de raízes em plântulas é essencial para o estabelecimento destas, visto que com a queda dos cotilédones, quase a totalidade do suprimento de nutrientes é feito via raízes. Quando isto ocorre com plantas daninhas, reduz-se a probabilidade de infestações ou a competição com a cultura (COCHAVI et al., 2018).

O comprimento da raiz em plântulas de leiteiro foi maior no tratamento em que foi empregado GA₃ (Tabela 11). As sementes que receberam CH mantiveram valores relativamente baixos em relação aos demais tratamentos. As sementes que receberam AIB apresentaram alterações morfológicas, principalmente pelo fato de não desenvolver raiz principal e maior número de raízes laterais. Esta é uma característica comum do AIB, já que se trata de hormônio utilizado no enraizamento de plantas (ALMEIDA et al., 2015).

Tabela 11. Valores médios para a variável comprimento da raiz em função dos hormônios aplicados em sementes de *E. heterophylla* L. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

Hormônio	Comprimento da raiz	CV(%)
AIB	0,99b	1,85
GA ₃	1,80a	0,85
CH	0,86c	2,20

Diante dos resultados observados para os níveis do fator A, o uso de CH foi eficiente para inibir o desenvolvimento da raiz em plântulas de leiteiro em até 52,2%, enquanto o uso de AIB resultou em valores intermediários (Tabela 11). O tratamento de menor eficiência do ponto de vista de controle de plantas daninhas foi aquele usando GA₃. No processo germinativo as giberelinas atuam na mobilização de reservas energéticas e na ativação do crescimento vegetativo do embrião, enfraquecendo a camada do endosperma que envolve o embrião e restringe seu crescimento (BEWLEY et al., 2013; ALMEIDA et al., 2015).

Experimento II – Cianamida hidrogenada em pré-emergência de leiteiro influencia no desenvolvimento das plantas

A emergência das plântulas, mesmo sendo baixa, não foi influenciada pelos diferentes níveis de CH aplicados, sendo significativa somente para as variáveis estatura de plantas e sementes inviáveis (Anexo N). Esperava-se que a CH no solo inviabilizasse a emergência em leiteiro devido à alta concentração e maior interação solo-semente. Contudo, é possível que as ligações coloidais tenham retido parte da CH e limitado seu potencial de atuação na semente (CAMPEA et al., 2021).

O número de ramos nas plantas de leiteiro neste experimento se deve ao desenvolvimento natural e fenotípico da planta. O que também se aplica ao número de sementes, que mesmo sendo baixo, não diferiu do tratamento controle (Anexo N). O número de ramos é uma característica da planta influenciada pelo balanço hormonal, dependente de auxina e, embora a CH atue estimulando o crescimento vegetativo das plantas (KRASUSKA e DNIAZDOWSKA, 2011; WURZ et al., 2020), a aplicação no solo em pré-emergência não resultou em efeitos de longo prazo até a formação de ramos laterais.

As variáveis primeira contagem e percentual de germinação das sementes produzidas não diferiram quanto a concentração de CH empregada no solo. Logo, é possível que este hormônio não tenha sido absorvido ou influenciado nos processos fisiológicos da planta com resultados diretos na qualidade da semente. A CH parece inibir a atividade de glutatona sintetase na germinação de embriões (KRASUSKA e DNIAZDOWSKA, 2012). O uso de 50 mg de CH L⁻¹ pode promover a superação na dormência em sementes de *Pistacia vera* com redução de 52 horas na taxa de germinação quando comparado com o tratamento controle, inclusive com valores semelhantes ao tratamento em que foi usado KNO₃ (BAYGI et al., 2015).

A remoção da dormência e germinação mediada pelo CH depende da modulação do metabolismo das espécies reativas de oxigênio (EROs), ativação de NADPH oxidase e inibição da atividade CAT e SOD (ORACZ et al., 2009). Levando em conta, que o efeito do pré-tratamento de embriões de maçã adormecidos com CH resulta na superação da dormência, é possível que ocorra efeito análogo de ação de ambas as moléculas. Além disso, é possível que o efeito proporcionado pela CH se deva ao estímulo do etileno endógeno nas sementes (BAYGI et al., 2015).

A estatura das plantas foi menor à medida que houve o incremento de CH aplicado sobre o solo em pré-emergência, resultando em 38,8% de redução quando se empregou 16 L de CH ha⁻¹ (Figura 6A). A cada incremento na dose de CH observou-se redução de aproximadamente um centímetro na estatura das plantas de leiteiro. Quando em competição, a estatura de plantas é fator fundamental para obter vantagem competitiva, especialmente no fator luz (DEL RÍO et al., 2013; LAL et al., 2015). No que diz respeito a capacidade de dispersão de sementes, plantas menores que a soja serão influenciadas quanto ao mecanismo de dispersão (LAL et al., 2016; BOLAJI et al., 2020), reduzindo a distância onde a semente seria lançada (mecanismo de bolocoria em plantas de leiteiro).

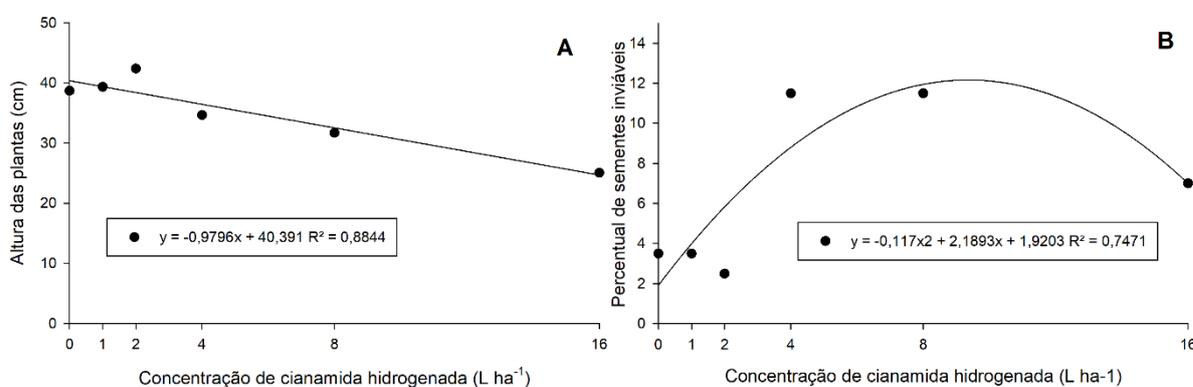


Figura 6. Estatura das plantas (A) e percentual de sementes inviáveis (B) de leiteiro, submetidas a diferentes níveis de cianamida nitrogenada, aplicadas em pré-emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

Ao avaliar a qualidade fisiológica das sementes produzidas, aos 90 dias após a aplicação (DAA), o percentual de sementes inviáveis foi maior quando se utilizou 9 L de CH ha⁻¹ (ponto de máxima) (Figura 6B). Uma característica desta variável é que ela é inversamente proporcional ao percentual de germinação. Contudo, a germinação não apresentou diferença significativa para justificar os resultados obtidos nesta afirmação.

CONCLUSÕES

Experimento I

O uso de CH e AIB em sementes de leiteiro reduziram o potencial germinativo sem inviabilizar a semente, enquanto o uso de ácido giberélico favoreceu a viabilidade e vigor das sementes.

Experimento II

A aplicação de CH não foi eficiente para reduzir o potencial de emergência das sementes no solo. Quando aplicado 9 L de CH ha⁻¹ o percentual de sementes inviáveis colhidas foi de 12%.

A aplicação de CH em níveis que variaram de 9 a 16 L ha⁻¹ reduziram a estatura das plantas sem influenciar no controle populacional a partir do banco de sementes no solo.

Capítulo 4 - COBERTURA DE SOLO, PRÁTICAS DE MANEJO E PROFUNDIDADE DE ENTERRIO NA SUPRESSÃO DE LEITEIRO

INTRODUÇÃO

A ocorrência de leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.) nas lavouras de soja tem gerado prejuízo aos produtores, devido a competição e conseqüente redução na produtividade da cultura (MACHADO et al., 2015). No que diz respeito as sementes de leiteiro, há relatos de plântulas emergindo de 12 a 14 cm de enterrio (BRECKE, 1995; LATI et al., 2019), embora outros autores apresentem valores mais significativos nas camadas de 0 a 6 cm (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014; COCHAVI et al., 2018).

As espécies de plantas daninhas se estabelecem em meio a lavoura devido a manutenção da viabilidade de suas sementes no solo, associado a ocorrência de fatores ambientais que estimulam a superação da dormência e germinação. Predominantemente, a redução do banco de sementes se dá pela germinação, perda de viabilidade e predação (RADOSEVICH et al., 2007; FORTE et al., 2018). Neste sentido, induzir a germinação e utilizar práticas de controle populacional favorece o desenvolvimento da cultura e manutenção da produtividade.

Uma opção para o sistema integrado de manejo de plantas daninhas é o uso de plantas de cobertura do solo no período outono/inverno. A liberação de aleloquímicos e a formação da barreira física pelo acúmulo de palha, impedindo a incidência de luz no solo podem contribuir para a supressão de plantas daninhas na área, bem como promover a nodulação em raízes de soja (MORAES et al., 2013; SCHAPPERT et al., 2019; SHELDON et al., 2021).

Em termos de produtividade, o suprimento de nutrientes influencia consideravelmente no crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre os macronutrientes, as plantas requerem nitrogênio (N) em quantidades maiores do que

a de qualquer outro nutriente essencial, com exceção do potássio (K) em algumas culturas de elevada produtividade.

Na semente, o nitrogênio (associado a outros elementos) é capaz de influenciar no potencial antioxidante e na produção de metabólitos secundários, auxiliando na superação dos mecanismos de dormência (SAFFARI et al., 2021). A adição de nitrogênio na forma de nitrato é capaz de reduzir os níveis de ácido abscísico (ABA) nas sementes (MATAKIADIS et al., 2009; YAN e CHEN, 2020). Quando fornecido às plantas durante o desenvolvimento das sementes, também houve uma redução no teor de ABA nas sementes maduras e secas (MATAKIADIS et al., 2009).

Em função da necessidade de reduzir a ocorrência de leiteiro na cultura da soja e manter o potencial de produtividade da cultura, foram formuladas algumas hipóteses a serem testadas neste trabalho. Foram elas: 1) o cultivo de diferentes coberturas vegetais suprime o banco de sementes de plantas daninhas, melhora as condições do solo e incrementa a produtividade; 2) o uso de fontes nitrogenadas aplicadas ao solo supera a dormência em sementes de leiteiro, facilitando o controle populacional; 3) em profundidades superiores a 6 cm de enterrio as sementes de leiteiro não germinam.

Para testar as hipóteses acima, foram conduzidos três experimentos com o objetivo de avaliar a longevidade das sementes de leiteiro enterradas e na superfície do solo, em função do efeito supressivo de diferentes coberturas de inverno; avaliar a germinação das sementes de leiteiro em resposta a tratamentos com fontes nitrogenadas aplicadas ao solo e em função da palhada como cobertura de solo; e, avaliar o efeito da profundidade de enterrio na longevidade das sementes e no estabelecimento de plântulas de leiteiro ao longo de 360 dias.

MATERIAL E MÉTODOS

Cada experimento foi posicionado conforme o ciclo de vida da planta daninha anual, conforme a Figura 1, sendo este com atuação no banco de sementes de leiteiro (“triângulo d” da Figura 1). Os experimentos foram conduzidos no Centro Agropecuário da Palma/UFPel e na casa de vegetação do Centro de Herbologia (CEHERB/FAEM/UFPel) no período de condução julho de 2020 até maio de 2022. Para o manejo da adubação levou-se em consideração a análise de solo (Anexo A). Os dados climáticos para o período constam no Anexo O e P.

Experimento I – Redução da longevidade usando plantas de cobertura em áreas de soja

Este experimento teve por objetivo avaliar tipos de cobertura de inverno na longevidade das sementes, sendo realizado a campo em delineamento de blocos completamente casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram os diferentes tipos de cobertura de inverno (aveia, nabo e trevo persa, mais a testemunha sem cobertura). O tratamento testemunha foi mantido sem cobertura de solo por meio de capina manual e aplicação de herbicidas durante a safra de inverno.

Cada parcela foi constituída de 15 m² (5 x 3 metros) e 8 m² de área útil. No primeiro ano, a semeadura das plantas de cobertura foi realizada em 10/07/20. No ano seguinte (20/05/21) as parcelas foram ressemeadas, dado a dessecação e para uniformizar a população de plantas. Este, por sua vez, foi conduzido até os 60 DAS, quando se encerrou o período de 360 dias de enterrio das sementes de leiteiro.

A aveia preta (*Avena strigosa* L.) cv. Embrapa 139, foi semeada nos dois anos de condução do estudo com semeadeira Semeato SHP 49, regulada para espaçamento de 17 cm entre linhas e população de plantas de 350 plantas m⁻². Aos 30 DAS foi feito uma aplicação de N (40 kg ha⁻¹), conforme o manual de adubação para os Estados do RS e SC (CQFS, 2016).

A semeadura do trevo persa (*Trifolium resupinatum* L. var. *resupinatum*) cv. Lightning, foi realizada a lanço, usando 8 kg de sementes ha⁻¹. No ano seguinte as parcelas foram ressemeadas, dado a dessecação no período reprodutivo da forrageira (90 DAS). Devido à dificuldade no estabelecimento do trevo, foram aplicados 40 kg N ha⁻¹, no mesmo período de aplicação na aveia. O nabo forrageiro, cultivar "AL 1000", foi semeado no espaçamento entre linhas de 17 cm e densidade de 51 sementes por metro linear, ou seja, em torno de 12 kg de sementes ha⁻¹.

Após a semeadura das plantas de cobertura, para avaliar o potencial alelopático das culturas de inverno, 500 sementes de leiteiro por parcela, subdivididas em duas amostras contendo 250 sementes + 10 gramas de solo, foram envoltas com tela de clarite do tipo mosquiteiro, com malha de 1,5 x 1,5 mm e enterradas a profundidade de 10 cm (ASGARPOUR et al., 2020). No mesmo período, outras 100 sementes foram distribuídas em área de 0,25 m² para avaliar a porcentagem de emergência e a predação das sementes na área (Figura 7). A germinação e a

viabilidade pelo teste de tetrazolio (0,075%) na época do enterrio foram de $95\pm 5\%$ e $98\pm 2\%$, respectivamente.

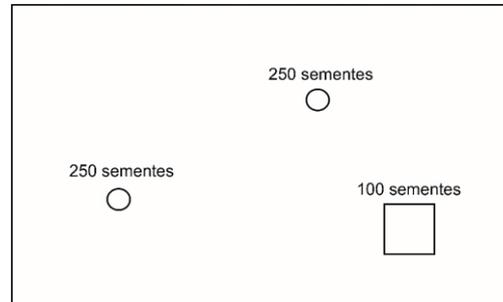


Figura 7. Distribuição das sementes na parcela (círculo = sementes enterradas; quadro = sementes na superfície do solo). FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

A cada 15 dias após a semeadura (DAS) foram realizadas contagens do número de sementes de leiteiro que emergiram na área demarcada de $0,25\text{ m}^2$ e o somatório foi contabilizado por safra. A quantificação do banco de sementes foi realizada utilizando-se o método da contagem direta de plântulas emergidas, seguindo a metodologia de Roberts e Nielson (1981). Ao final de 90 DAS, a área foi dessecada com o herbicida glyphosate ($1440\text{ g i. a. ha}^{-1}$), saflufenacil (30 g i.a. ha^{-1}), clethodim ($0,4\text{ L ha}^{-1}$) + Dash ($0,5\text{ v/v}$). A aplicação foi realizada com pulverizador costal, equipado com barra de quatro pontas modelo Magnojet com indução de ar 110.015 de jato plano espaçadas a $0,50\text{ m}$, com vazão média de 150 L ha^{-1} de calda, altura de $0,50\text{ m}$ em relação ao solo, e, velocidade média de deslocamento de $3,6\text{ Km h}^{-1}$.

A semeadura da soja foi realizada em 27/11/20, usando espaçamento de $0,45\text{ m}$ e 16 sementes por metro (cv. Brasmax Ícone IPRO) e $305\text{ kg de adubo ha}^{-1}$ (03-21-21). Os tratos culturais e fitossanitários foram utilizados conforme a necessidade, observando as recomendações técnicas para a cultura da soja (CARAFFA et al., 2019).

Aos 90 dias após a semeadura das plantas de cobertura foram coletadas amostras em área de $0,25\text{ m}^2$ para avaliação da massa seca das plantas de cobertura (MSPC). O material coletado foi mantido em estufa de secagem ($65\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 72 horas e, então pesadas em balança semi-analítica ($0,01\text{ g}$). Os resultados foram expressos em toneladas ha^{-1} . Aos 180 dias após o enterrio das sementes de leiteiro, um dos saquinhos contendo as sementes foi coletado para avaliar o efeito das plantas de cobertura na viabilidade das sementes remanescentes. Esse mesmo procedimento

foi realizado aos 360 dias, usando a segunda amostra de sementes enterrada. Em cada coleta foram extraídas as sementes do saquinho através de lavagem da amostra com o auxílio de borrifador em conjunto de peneiras com tamanhos de 16 e 60 mesh, sendo as sementes retidas na peneira de 16 mesh.

As sementes que estavam na superfície do solo, no campo, foram coletadas aos 360 dias através da remoção do solo numa área de 0,25 m² e com profundidade de 3 cm. Esse solo foi lavado e procedeu-se avaliação como descrito anteriormente. Após a lavagem, as amostras foram colocadas sobre folhas de papel filtro para secar por período de 16 horas em condições de laboratório (19±2 °C), e então, submetidas ao teste de germinação para determinar a qualidade fisiológica. A porcentagem de sementes remanescentes foi calculada baseando-se no número inicial de sementes [1], enquanto o cálculo da porcentagem de germinação, sementes mortas e dormentes, foram realizados baseando-se no número de sementes remanescentes [2].

$$\text{Remanescentes (\%)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de sementes encontradas}}{\text{n}^\circ \text{ de sementes inicial}} \times 100 \quad \text{Eq. [1]}$$

$$\text{Viáveis (\%)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de sementes viáveis}}{\text{n}^\circ \text{ de sementes remanescentes}} \times 100 \quad \text{Eq. [2]}$$

Para o teste de germinação, as sementes foram distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecido a 2,5 vezes o valor do peso seco do substrato, acondicionadas em caixas do tipo gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) e mantidos em germinador do tipo BOD, com temperatura alternada de 20-30 °C e fotoperíodo de 12 horas (adaptado de Brasil, 2009). A contagem inicial e final foi realizada aos seis e 16 dias após a instalação do teste, respectivamente (BRASIL, 2009). A primeira contagem de germinação (PCG %) foi realizada juntamente com o teste de germinação, efetuando a contagem aos seis dias após a instalação do teste.

As sementes que não germinaram foram analisadas por meio do teste de tetrazolio para avaliação da viabilidade do embrião. Para isso, as sementes foram cortadas longitudinalmente com auxílio de lâminas e imersas em solução de tetrazolio (0,075%) e mantidas a 36 °C no interior da BOD, por 16 horas. Posteriormente, com auxílio de lupa, foi avaliado o número de sementes que apresentaram coloração rosada-avermelhada, consideradas como viáveis. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Com relação ao efeito das coberturas de inverno sobre a cultura da soja, avaliou-se o número de vagens e de sementes por planta, coletando as plantas em 1 metro linear dentro da área útil de cada parcela. Para calcular a produtividade da soja (kg ha^{-1}), todas as plantas na área útil foram colhidas manualmente. O teor de água nos grãos foi avaliado com auxílio do equipamento Sanick ESC 2011 e o peso corrigido para 13%. Também foi avaliado a massa de mil grãos (gramas), primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação (BRASIL, 2009), envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999) e emergência em canteiro. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley). As variáveis MSPC aos 180 e 360 dias, SRs e EAQ aos 180 dias foram transformadas para $\sqrt{x}/0,01$, $\sqrt{x} + 10$, $\log x$ e $1/\sqrt{x}$, bem como a PCG, G(%), SM, SV e MSeca das sementes e plântulas (enterrio) até os 180 DAE e a PCG das SRs2 foram transformadas para $\text{Arcsen}\sqrt{x}/100$, $\text{Arcsen}\sqrt{x}/100$, $\text{Log } x$, $\sqrt{x}/0,01$, e $\sqrt{x}/0,01$, $\text{Arcsen}\sqrt{x}/100$ respectivamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatado significância estatística, os dados foram comparados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022).

Experimento II – Níveis de nitrogênio estimula a germinação em sementes de leiteiro, facilitando o controle populacional

Este experimento foi conduzido a campo, em parcelas subdivididas, com esquema fatorial $2 \times 2 \times 5$ e três repetições, distribuídas em blocos ao acaso. O fator A engloba dois tipos de manejo (com e sem pousio durante a safra de inverno), o fator B abrange duas fontes nitrogenadas (ureia e adubo formulado 05-30-15), enquanto o fator C contempla cinco níveis de nitrogênio (0, 70, 140, 210 e 280 Kg N ha^{-1}). A aplicação da ureia e do formulado (NPK) foi realizada de maneira uniforme sobre a superfície do solo.

Cada parcela foi constituída de $12,5 \text{ m}^2$ (5 x 2,5 metros) e $4,8 \text{ m}^2$ de área útil. As parcelas cultivadas no inverno foram semeadas com aveia preta e dessecada 20 dias antes da semeadura da soja. Um dia antes de dessecar a área, procedeu-se a coleta para avaliação da massa seca, coletando amostras de $0,25 \text{ m}^2$, encaminhadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 72 horas.

Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança analítica e os resultados permitiram inferir que a cobertura de solo foi de 5,99 toneladas de massa seca ha⁻¹.

Toda a área foi infestada com 40 sementes de leiteiro m⁻² e, 15 dias antes da semeadura da soja (10/11/20), foram empregadas as fontes de adubo nitrogenado (AGOSTINETTO et al., 2000). Para o controle das plantas daninhas nas safras de verão foi aplicado clethodim (100 g i.a. ha⁻¹), enquanto as dicotiledôneas, com exceção de leiteiro, foram eliminadas manualmente durante todo o ciclo da cultura. A semeadura da soja foi realizada em 25/11/20, usando 16 sementes por metro (cv. Brasmax Ícone IPRO) e 305 kg de adubo ha⁻¹. Os dados climáticos durante a condução do experimento constam no Anexo P.

As variáveis avaliadas foram número de plantas de leiteiro m⁻² (NPL) massa de mil grãos (MMG); produtividade; condutividade elétrica das sementes de soja, em função da competição com as plantas de leiteiro; primeira contagem; germinação; vigor (envelhecimento acelerado); e percentual de sementes mortas e anormais, ao final do teste de germinação e de vigor. A NPL foi registrada lançando aleatoriamente quadro de 50 cm x 50 cm, duas vezes em cada parcela. A média foi calculada e, em seguida, convertida em densidade m⁻².

A primeira contagem e o teste de germinação foram conduzidos conforme descrito no experimento I do capítulo 1. Para o teste de condutividade elétrica, a metodologia utilizada foi a mesma descrita no experimento II do capítulo 1.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley). Os dados foram submetidos a análise de variância com médias comparadas pelo teste t, enquanto o fator quantitativo foi analisado por meio de regressão ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R Core Team (2022). O modelo que melhor explicou os dados de número de plantas aos NPL90 e NPL280 foi por meio da hipérbole decrescente de 3 e de 2 parâmetros, respectivamente:

$$y = y_0 + (a*b)/(b+x) \quad y = (a*b)/(b+x)$$

Experimento III – Profundidade de enterrio reduzindo a longevidade em sementes de leiteiro

Este estudo foi conduzido no período de 20 de maio de 2021 a 20 de maio de 2022, em casa de vegetação, utilizando delineamento experimental inteiramente

casualizado. Os tratamentos foram cinco profundidades de enterrio, sendo: 0 (na superfície), 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 cm. Foram usadas quatro repetições por tratamento, que receberam 100 sementes por vaso (1,9 dm³). A porcentagem de germinação das sementes no dia da instalação do experimento foi de 80% e a viabilidade, avaliado pelo teste de tetrazolio, foi de 96%.

O percentual de emergência foi avaliado a cada 15 dias a partir da instalação do experimento, removendo as plântulas a cada avaliação. Ao final dos 360 dias o solo foi peneirado e removidas as sementes remanescentes (potencialmente viáveis) para avaliação em laboratório por meio do teste de germinação. Para avaliação do número de sementes mortas ou viáveis, porém dormentes, foi adotado o teste de tetrazolio, conforme descrito no experimento 1.

Os resultados obtidos foram testados quanto a normalidade e homoscedasticidade, e, posteriormente, foram submetidos a análise de variância pelo teste F. Quando significativo, os dados foram ajustados usando o modelo exponencial decrescente simples de 3 parâmetros:

$$y = y_0 + a \cdot \exp(-b \cdot x)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados conforme descritos no material e métodos.

Experimento I – Redução da longevidade usando plantas de cobertura em áreas de soja

Constatou-se efeito significativo de plantas de cobertura nas duas épocas de coleta (MSPC180 e MSPC360), sementes remanescentes de leiteiro aos 360 dias (SRS360), massa de mil grãos (MMG) e condutividade elétrica das sementes de soja (CE) (Anexo Q). A MS das plantas de cobertura no primeiro ano de condução do experimento foi, aproximadamente, três vezes maior que no segundo ano (360 DAE), quando se obteve os menores valores, o que se atribui à interrupção do ciclo das culturas por meio da dessecação química aos 60 DAS, correspondendo aos 360 dias após o enterrio das sementes (Tabela 12 e Anexo Q).

Tabela 12. Variáveis analisadas em plântulas e sementes de *E. heterophylla* L. em meio a plantas de cobertura e na cultura da soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

DAE	Variável	Testemunha	Aveia	Nabo	Trevo	C.V	
90	EA _Q (%)	2,00a	1,00a	2,00a	1,00a	57,10	
	MSPC (ton ha ⁻¹)	0,00c	5995,60a	4521,73a	625,70b	33,90	
	MSP _S (g)	0,30a	0,03a	0,27a	0,12a	102,90	
	180	NFPP	6,00a	1,00a	4,00a	2,00a	58,10
		CTotal (mm)	2,72a	13,41a	18,17a	8,15a	78,00
		SR _S (%)	34,00b	81,00a	43,00b	47,00ab	32,30
360	EA _Q (%)	29,00a	17,00a	23,75a	39,00a	73,70	
	MSPC (ton ha ⁻¹)	0,00b	1998,53a	1507,24a	208,56b	33,80	
	SR _S (%)	29,00bc	74,00a	53,00ab	5,00c	29,40	
	SR _Q (%)	5,40a	5,80a	7,00a	5,90a	59,80	
	EA _Q (%)	10,00a	10,00a	16,00a	18,50a	64,90	
	MMG (g)	184,7c	178,9d	194,6b	201,9a	1,00	
	PROD (kg ha)	3114,51a	3674,09a	3582,75a	3164,86a	25,50	

* Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Massa seca das plantas de cobertura (MSPC, ton ha⁻¹), sementes remanescentes (SR), emergência acumulada nos quadros (EA_Q) número de folhas, massa seca (em gramas) e comprimento total das plantas que emergiram a partir dos saquinhos (NF, MSP_S e CTotal (em cm), respectivamente), massa de mil grãos (gramas) e produtividade em sementes de soja (MMG e PROD em kg ha⁻¹, respectivamente).

Nas parcelas que foram cultivadas com trevo persa, observou-se redução no número de SRs aos 360 DAE (SRS360) (Tabela 12). Outrossim, o percentual de sementes remanescentes durante a segunda época de avaliação (SR_S – 360) foi maior nas parcelas onde foi cultivado aveia-preta, intermediário naquelas com nabo-forrageiro e menor nos demais tratamentos (Tabela 12). Este resultado pode ter sido influenciado por fatores intrínsecos a semente, devido ao elevado teor de lipídios que constituem a semente de leiteiro (SUDA et al., 2003), fazendo com que a deterioração seja significativamente rápida à medida que aumentam as interações com o ambiente.

O estabelecimento tardio do trevo na segunda época reduziu o potencial de formação de massa seca da cultura (Tabela 12) e, conseqüentemente, influenciou no número de sementes remanescentes, semelhante ao que foi observado no tratamento controle. Desse modo, pressupõe-se que a ausência de palha e cobertura morta no solo favorece o desenvolvimento de plantas daninhas, principalmente devido a incidência de luz na superfície do solo (MORAES et al., 2013).

Considerando o NFPP, coletadas aos 180 DAS, é provável que a emergência destas plantas tenha ocorrido aos 150 DAS ou posterior, visto que 30 dias seriam suficientes para a formação de até seis folhas definitivas em plantas de leiteiro (Tabela 12). O que se justifica, se considerado que aos 40 DAE as plantas já apresentam 50% do número total de folhas e estabilizam o crescimento aos 63 DAS (FERREIRA et al., 2017).

No momento da avaliação, a média da MSPs foi de 0,18 gramas, o que pode ser adequado para o porte da planta (Tabela 12). Em plantas adultas é possível obter até 9,3 gramas de massa seca total aos 77 DAS (FERREIRA et al., 2017). O CTotal foi maior nas parcelas onde houve o cultivo de Nabo, embora não haja diferença entre os tratamentos para esta variável (Tabela 12). Até os 30 DAE é comum as plantas de leiteiro apresentarem de 20 a 40 cm de estatura (TREZZI et al., 2009).

Experimentos realizados no estado do Paraná, testando o potencial alelopático de *A. strigosa* demonstraram que a germinação, comprimento da parte aérea e da raiz em plântulas de leiteiro reduziu de 14 a 60% quando se utilizou extrato na concentração de 10% (v/v) (BIANCHINI et al., 2019). Além disso, os efeitos positivos da palha e das raízes de aveia preta na produção de soja parecem estar associados principalmente à manutenção da umidade no solo, observado durante o período de enchimento de grãos (BALBINOT JUNIOR et al., 2020; BALESTRIN et al., 2021).

Ao longo das três estações de cultivo (inverno, verão, inverno), a emergência acumulada (EA_Q) foi maior no verão (180 DAE - Tabela 12) devido ao fato de a espécie ser de dias curtos (verão), cujas sementes são responsivas ao efeito da luz (COSTA et al., 2018) e germinarem melhor em temperaturas que variam de 20 a 30 °C (BRASIL, 2009). O acúmulo de palha em níveis de até 8 ton ha⁻¹ foi capaz de reduzir em até 33,7% a emergência em leiteiro, e, ainda assim, não promover a redução da viabilidade nestas sementes (YAMAUTI et al., 2011). Estes resultados evidenciam o potencial de longevidade dessa espécie frente aos diversos sistemas agrícolas em que ela ocorre.

Em linhas gerais, o cultivo de aveia foi eficiente para suprimir a emergência de leiteiro (Tabela 12), enquanto o cultivo de trevo promoveu a maior saída de sementes do banco. Diferente do que pode ser observado na cultura da aveia-preta, as raízes do nabo-forrageiro não possuem atividade alelopática expressiva se comparado aos níveis observados na parte aérea (WANDSCHEER e PASTORINI, 2008; SHELDON et al., 2021).

O cultivo de aveia-preta, nabo forrageiro e trevo não influenciou na produtividade e na qualidade fisiológica da soja, avaliada aos 280 dias após o enterrio das sementes de leiteiro, com exceção para a MMG e a condutividade elétrica (Tabela 12 e Anexo Q). Neste sentido, a maior MMG foi obtido nos tratamentos onde houve o cultivo de trevo durante o inverno, inclusive quando comparado ao tratamento com

nabo forrageiro (Tabela 12), uma leguminosa fixadora de nitrogênio e com maior incremento de massa seca do que a cultura do trevo persa. O potencial de fixação de N, bem como pela cobertura morta deixada pelas plantas de trevo podem ter contribuído para esse incremento no MMG da soja, proporcionando a formação de grãos com massa superior àqueles produzidos nos demais tratamentos.

Com relação a produtividade da soja na referida safra e a emergência das sementes produzidas, não houve efeito dos diferentes tratamentos nestas variáveis (Tabela 12). Dentre os aspectos que contribuíram para esta constatação está o fato de que uma safra pode não ter sido suficiente para o acúmulo e decomposição da matéria orgânica e alteração da fertilidade. O cultivo de aveia, nabo forrageiro e ervilhaca não resultaram em incremento nos componentes de rendimento da soja (HENZ et al., 2017).

No que se refere as sementes remanescentes enterradas (SR_s) durante 360 dias nas áreas de pousio, a germinação foi superior em relação as sementes coletadas na primeira época (180 DAE) (Tabela 13). Isso também foi observado para a PCG. Além disso, o número de sementes remanescentes foi superior na primeira época em relação a segunda (Tabela 13). A integridade do tegumento, ou ainda os atributos edáficos contribuíram para a obtenção destes resultados, visto que a umidade, a compactação e a má difusão de gases no solo desnudo podem influenciar negativamente na germinação de sementes (ASGARPOUR et al., 2020).

Tabela 13. Valores médios para as variáveis analisadas em sementes de leiteiro e de soja em função dos diferentes tipos de cobertura do solo. FAEM/UFPeL, Capão do Leão – RS, 2023.

		Testemunha	Aveia	Nabo	Trevo	CV(%)
SR _s 180 DAE	PCG	92,0 a	98,0 a	86,0 a	88,0 a	13,97
	G(%)	94,0 a	98,0 a	87,0 a	94,0 a	11,45
	Viáveis	0,0 a	0,0 a	1,0 a	2,0 a	48,32
	Inviáveis	5,0 a	1,0 a	12,0 a	4,0 a	49,95
SR _s 360 DAE	PCG	99,0 a	92,0 a	93,0 a	89,0 a	5,66
	G(%)	100,0 a	92,0 a	94,0 a	89,0 a	5,47
	Viáveis	0,01 b	0,01 b	1,0 a	0,01 b	5,42
	Inviáveis	0,0 b	1,0 b	4,0 a	0,0 b	46,67
SR _Q 360 DAE	PCG	55,0a	59,0 a	70,0 a	86,0 a	30,69
	G(%)	55,0 a	67,0 a	70,0 a	86,0 a	28,34
	Viáveis	43,0 a	32,0 a	26,0 a	9,0 a	4,87
	Inviáveis	2,0 a	1,0 a	4,0 a	5,0 a	42,22
Soja 2020/21	PCG	62,0 a	64,0 a	54,5 a	60,0 a	7,57
	G(%)	71,0 a	74,0 a	64,0 a	72,0 a	8,40
	Plântulas anormais	10,0 a	9,0 a	9,0 a	12,0 a	12,51
	Sementes Mortas	18,0 a	16,0 a	26,0 a	16,0 a	15,42
	Envelhecimento acelerado	41,0 a	45,0 a	39,0 a	49,0 a	14,23
	CE	626,1 b	1058,7 a	929,7 a	757,0 b	8,62
	TA (%)	12,8 b	11,6 c	12,7 b	13,4 a	0,58

* Médias com letras iguais na linha não diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste Tukey. Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G(%)), sementes viáveis e inviáveis, sementes remanescentes nos saquinhos e nos quadros (SR_s e SR_Q), plântulas anormais, mortas, vigor, teor de água (TA(%)), condutividade elétrica (CE).

O acúmulo de massa seca proporcionado pelo cultivo de aveia preta inibiu parcialmente a emergência de plântulas a campo (Tabela 12), mas não inviabilizou a germinação das sementes até os 360 dias de avaliação (Tabela 13). As sementes que permaneceram na superfície por um ano (SR_Q) nas parcelas cultivadas com aveia e naquelas em pousio no inverno foram as que resultaram na maior percentagem de sementes viáveis ou mortas (Tabela 13). Contudo, apresentaram uma menor capacidade em germinar do que as sementes enterradas devido a algum mecanismo de dormência imposta pelas condições do ambiente como variações na temperatura, umidade e até a luminosidade.

Outro fator pode ser atribuído a maior cobertura sobre o solo (massa seca) e pela liberação de compostos alelopático por parte da cultura da aveia, que diminuiu a emergência de plantas daninhas (MORAES et al., 2013). Nas parcelas em pousio, a exposição às interações com o ambiente e as condições desfavoráveis pode ter contribuído para uma possível quiescência, mantendo-se viáveis até que houvesse uma condição ideal para a germinação.

Em profundidades superiores a 9 cm as condições para que ocorra a germinação são mínimas ou inexistentes (FORTE et al., 2020), fazendo com que parte

das sementes deteriore e outras se mantenham quiescentes. Ao avaliar o efeito do enterrio em sementes de leiteiro, alguns autores constataram a redução da viabilidade das sementes a partir dos 30 dias em solo na capacidade de campo ou inundado (ASGARPOUR et al., 2020).

As avaliações da qualidade fisiológica da soja em função dos tratamentos usando as plantas de cobertura (Tabela 13), os valores inferiores a 80 de germinação não permitem caracterizar estes lotes como sementes, de acordo com os padrões de comercialização descritos por Brasil (2013). Assim como, o vigor das sementes foi consideravelmente baixo, comprometendo o potencial produtivo em uma próxima safra.

No que diz respeito a condutividade elétrica as sementes de soja produzidas em áreas de pousio (testemunha) e as produzidas em áreas de trevo como planta de cobertura apresentaram os melhores resultados em relação aos demais tratamentos (Tabela 13). Os dados de umidade da semente (TA - Tabela 13) ajudam a entender parte dos resultados obtidos na variável condutividade elétrica, visto que o teor de água das sementes influencia diretamente na integridade das membranas, avaliada pelo teste de condutividade elétrica e pode influenciar em outras análises da qualidade fisiológica (BARBOSA et al., 2012). Outrossim, sementes com baixos teores de água podem apresentar danos por embebição e liberar grandes quantidades de exsudados (GORDIN et al., 2015).

As diferenças encontradas no número de sementes entre os períodos de coleta provavelmente respondem a flutuações interanuais regulares. Enquanto a rápida deterioração das sementes no solo pode ser devido às condições de hipóxia causadas pela chuva e ou mesmo a compactação em áreas de pousio após o enterrio de sementes no solo.

Experimento II – Níveis de nitrogênio estimula a germinação em sementes de leiteiro, facilitando o controle populacional

O resumo da análise de variância para as variáveis analisadas em plantas de leiteiro e em sementes de soja consta no Anexo R. O número de plantas durante as duas avaliações reduziu à medida que a infestação com outras espécies foi aumentando e a ocorrência de chuvas promoveu a dissolução das fontes de N no solo, além do fato das plantas de soja apresentarem maior demanda por nutrientes

disponíveis, contribuindo para a redução no potencial de superação da dormência nas sementes de leiteiro em função do N aplicado sobre o solo (Figura 8).

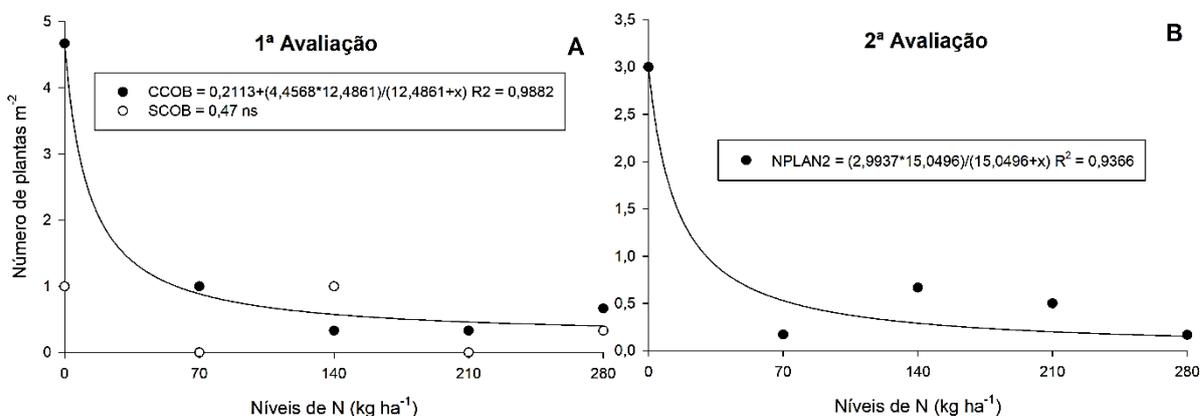


Figura 8. Número de plantas de *E. heterophylla* L. em função do tipo (NPK e Uréia) e dos níveis de N aplicados sobre o solo e do manejo durante o inverno. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023. 1ª e 2ª avaliação aos 15 e 30 DAE, respectivamente.

Na primeira avaliação, a população de leiteiro foi influenciada pela interação manejo do solo e níveis de nitrogênio aplicado (Figura 8). Contudo, as médias observadas para o fator manejo sem cobertura (SCOB) não se ajustaram ao modelo utilizado (Figura 8A). Dessa forma, pressupõe-se que o cultivo de aveia-preta e a sua utilização como cobertura do solo reduziu o número de plantas de leiteiro quando em associação com fontes de N em níveis que vão de 70 a 280 kg ha⁻¹. O modelo explica 98,8% dos dados observados.

O incremento de N ao solo em níveis superiores a 70 kg ha⁻¹ reduziu o número de plantas de leiteiro aos 30 dias (segunda avaliação) após a emergência da soja (DAES) (Figura 8B). Na terceira avaliação os resultados obtidos não se ajustaram aos modelos testados. Em média, houve apenas uma planta por metro quadrado.

Em ambas as avaliações em que houve ajuste dos dados ao modelo (Figura 8 A e B), a população de plantas foi significativamente menor que os valores encontrados na literatura relatando danos econômicos na soja e em outras culturas (CHEMALE e FLECK, 1982; MACHADO et al., 2015; FERREIRA et al., 2017; GALON et al., 2018; PEREIRA et al., 2020). De maneira geral, nas parcelas onde houve maior número de plantas em função do aumento na germinação das sementes de leiteiro houve incremento na competição com a cultura da soja, o que influenciou nos aspectos produtivos da cultura.

Esperava-se que os diferentes níveis de N superassem a dormência e estimulassem a germinação promovendo maior número de plantas, mesmo quando empregado o manejo com cobertura do solo. Logo, o mecanismo de dormência tegumentar (BOLAJI et al., 2020) não parece ter sido um problema neste estudo. A adubação influencia no sistema de manejo e controle populacional de plantas daninhas, visto que elas são mais eficientes que as culturas no quesito absorção de nutrientes e pela disputa por recursos limitantes (RASTEGAR et al., 2018)

No que se refere a massa de mil grãos (MMG) da cultura da soja, a adoção de cobertura morta como prática de manejo no controle populacional de leiteiro possibilitou incremento nas características da planta e resultaram no incremento da MMG, promovendo a formação de sementes com características desejáveis à comercialização (Tabela 14). Vale salientar que além do manejo químico da fertilidade do solo, a deposição de palha (cobertura morta) favorece as características físico-químicas do solo que influenciarão no suprimento de nutrientes à planta (CORREA FILHO et al., 2017; MEDEIROS et al., 2021).

Tabela 14. Valores médios para a variável massa de mil grãos de soja em função do manejo de solo no período de inverno. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

	Com cobertura	Sem cobertura	C.V.(%)
MMG	177,8a	161,6b	2,0

O incremento de N ao solo resultou no aumento de lixiviados em sementes de soja (Figura 9A), com ponto de máxima, estimados pela equação, ao empregar 136 kg de N ha⁻¹, enquanto para NPK não se observou ajuste dos dados ao modelo. Estes resultados apresentam forte relação com a integridade e o nível de umidade da semente, de modo que, sementes com baixos teores de água podem apresentar danos por embebição e liberar grandes quantidades de exsudados (GORDIN, SCALON e MASETTO, 2015). A avaliação da condutividade elétrica nas sementes reflete os aspectos de vigor e integridade das sementes no que diz respeito a danos físicos e a nível celular (BARBOSA et al., 2012; PRADO et al., 2019).

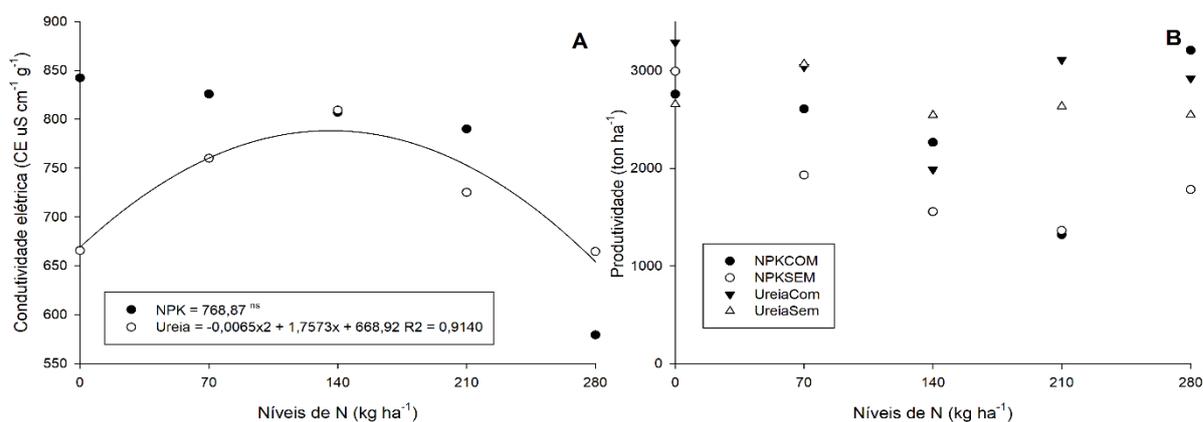


Figura 9. Condutividade elétrica das sementes de soja (A) e produtividade (B) em função de diferentes fontes de N, níveis de nitrogênio e manejo do solo. FAEM/UFPeL, Capão do Leão – RS, 2023.

A nutrição da planta ao longo do ciclo pode influenciar na qualidade fisiológica da semente, resultando em variações na integridade celular (PRANDO et al., 2012) que irá perdurar ao longo do armazenamento. A disponibilidade de nutrientes para a planta pode afetar a composição química da semente. O nitrogênio atua diretamente na constituição de proteínas e diversos metabólitos na planta (PRANDO et al., 2012). Logo, além da produtividade, o incremento de N influencia na qualidade fisiológica da semente e torna-se mais ou menos responsivo em função das condições ambientais e da época de aplicação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012), embora essa prática seja inexpressiva na cultura da soja.

Os modelos estatísticos testados para a variável produtividade não explicam de forma biológica o comportamento dos dados observados (Figura 9B). Contudo, a média de produtividade foi de 2478,72 kg ha⁻¹, o que representa valores significativamente baixos se comparados a média do Estado (OLIVEIRA et al., 2021). Vale salientar que os menores valores foram obtidos nos níveis de 70 a 210 kg de N ha⁻¹ e que nos tratamentos onde se utilizou o adubo formulado pode ter beneficiado a cultura, visto que não foi apenas o nutriente nitrogênio que foi aplicado ao solo. Em contrapartida, aqueles que receberam ureia, não tiveram incrementos de fósforo e potássio ao longo do ciclo, prejudicando a soja.

O manejo nutricional foi preponderante nas características de vigor e viabilidade das sementes de soja, de modo que os níveis de N atuando na germinação das sementes de leiteiro, associados ao manejo do solo (com e sem cobertura) resultaram em efeitos significativos em todas as variáveis analisadas (Figura 10 e

Anexo S). Conforme Miransari e Smith (2014) o nitrogênio pode auxiliar na superação da dormência das sementes, diminuindo o nível de ABA e promovendo a germinação.

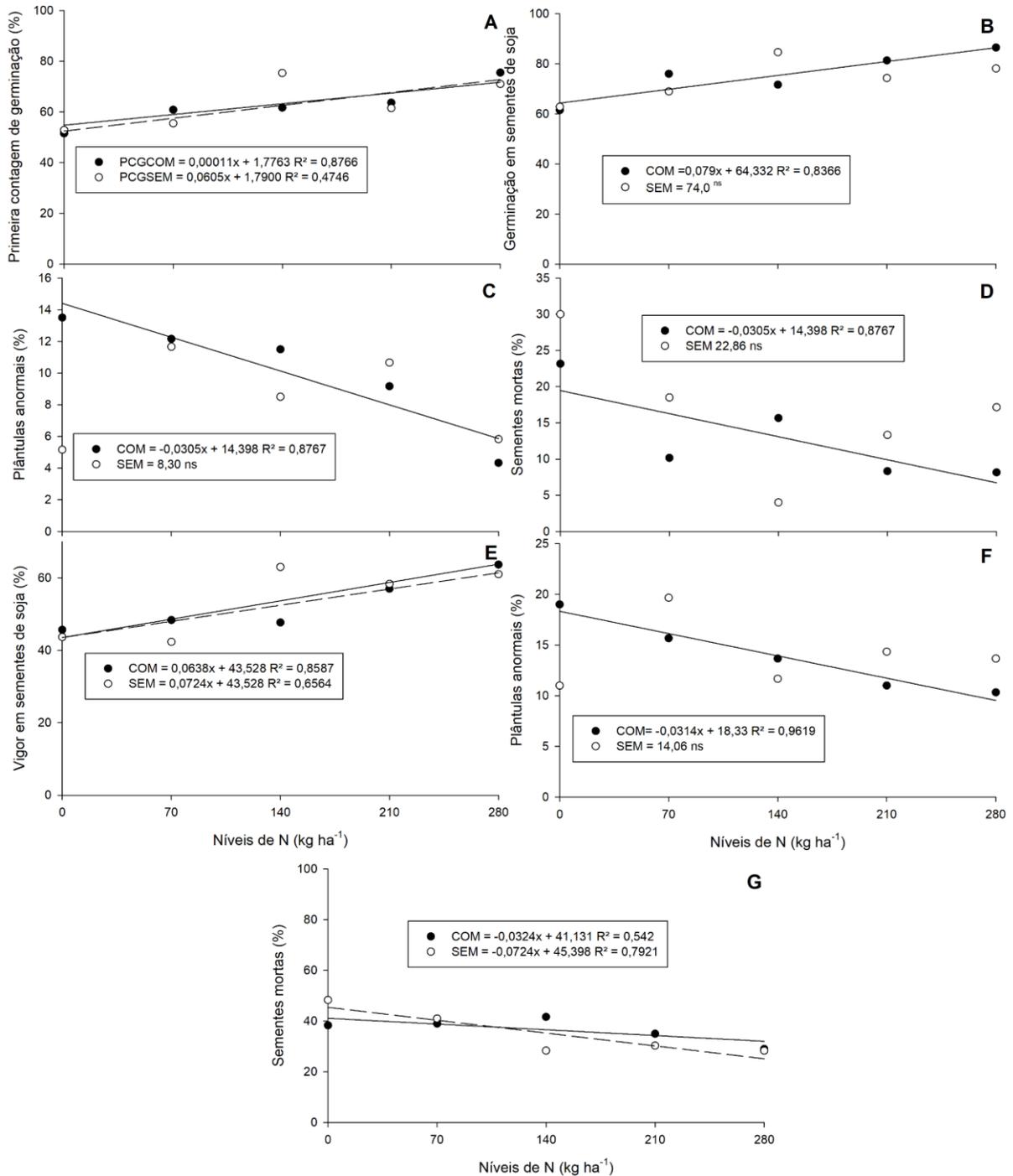


Figura 10. Avaliação da qualidade fisiológica em sementes de soja produzidas sob diferentes níveis de N e manejo do solo. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

A cada incremento de 1 kg de N ha⁻¹ resultou em aumento 8,57% e 6,49% para a variável PCG da soja, com e sem cobertura do solo no inverno, respectivamente,

independente da fonte de N utilizada (Figura 10A). No que diz respeito a germinação das sementes de soja produzida em área com cobertura, o incremento de 1 kg de N ha⁻¹ resulta em, aproximadamente, 9% para esta variável, enquanto para sem cobertura não verificou-se ajuste (Figura 10B). Associado a isto, o incremento de N ao solo em níveis de até 280 kg ha⁻¹ associado ao emprego de cobertura morta reduziu até 68% o número de plântulas anormais e sementes mortas (Figura 10C e 10D).

O incremento de N ao solo não prejudicou a viabilidade em sementes de soja em avaliações realizadas por Medeiros et al., (2021). Conforme alguns autores, a aplicação de nitrogênio antes do estágio reprodutivo pode estimular as plantas a produzir sementes com maior vigor (AISENBERG et al., 2018), aumentando a velocidade e uniformidade da germinação.

No que diz respeito ao vigor das sementes de soja, os níveis mais elevados de N resultaram em sementes de maior qualidade, caracterizada pelo envelhecimento acelerado para ambos os tipos de manejo (com e sem cobertura) (Figura 10E). O incremento de N em pré semeadura pode interagir com as plantas, palhada, solo e com os microorganismos deste, sendo a sua dinâmica complexa. O nitrogênio faz parte da composição de todos os aminoácidos e proteínas, estando presente também na molécula de clorofila e outros pigmentos, estimulando o crescimento, o florescimento, regulariza o ciclo da planta e aumenta a produtividade (LISBOA et al., 2018).

Semelhante ao observado nas variáveis de viabilidade, o incremento de N nas áreas com e sem cobertura morta resultaram no menor número de plântulas anormais e sementes mortas (Figura 10F e 10G). Isto é reflexo do maior número de sementes vigorosas, proporcionando plântulas com estruturas desejáveis (BRASIL, 2009). Diante dos resultados observados na cultura da soja e da redução do banco de sementes de leiteiro, o uso de fontes nitrogenadas pode ser ferramenta de controle populacional de plantas daninhas.

Experimento III – Profundidade de enterrio reduzindo a longevidade em sementes de leiteiro

A cada 1 centímetro de incremento na profundidade de enterrio, constatou-se redução de 12% na emergência acumulada de leiteiro ao longo de 360 dias de avaliação (Figura 11). O que justifica parte dos resultados obtidos aos 3 cm de

profundidade é o fato de que essa profundidade é a que melhor representa as condições de campo, quando há sementes enterradas ou na superfície após algumas safras, seja devido a processos de revolvimento ou de deposição de palhada e matéria orgânica. Diante desta constatação, é provável que o manejo aplicado ao longo da safra elimine apenas uma parte das sementes contidas no solo. Ou seja, aquelas que conseguiram emergir acima dos 3 ou 4 cm.

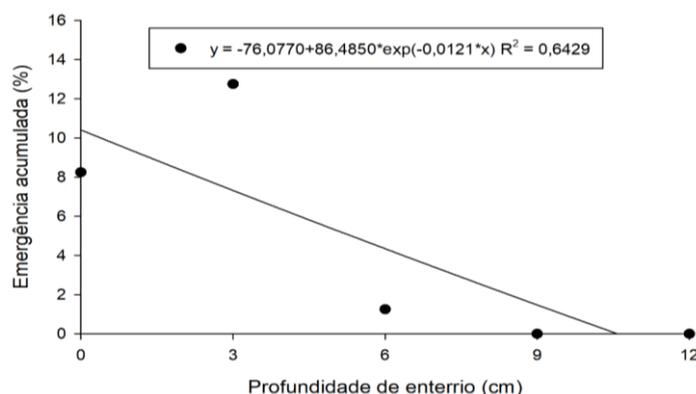


Figura 11. Emergência acumulada em sementes de leiteiro ao longo de 360 dias em diferentes profundidades de enterrio em condições de vaso. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

Ao final do período de avaliação (360 dias após o enterrio) não houve sementes de leiteiro viáveis, o que impossibilitou a avaliação da qualidade fisiológica das sementes remanescentes. Embora o tegumento estivesse intacto, as estruturas internas estavam ausentes. Estes resultados se assemelham aos obtidos por Asgarpour et al. (2020), no qual depois de coletar as sementes de leiteiro, observaram que elas foram destruídas completamente após 12 meses de enterrio. Em termos práticos, o enterrio das sementes, promovido pela aração e revolvimento do solo também pode reduzir a população de plantas devido a supressão da germinação em leiteiro, embora o retorno de sementes enterradas à superfície proporcione a continuidade do fluxo de emergência.

Em avaliações com profundidade de enterrio das sementes de leiteiro, alguns autores observaram que a emergência foi maior na superfície (0-5 cm), enquanto a emergência foi reduzida em sementes que estavam na camada de 5 a 10 cm, inclusive em áreas sem o acréscimo de palhada (SAHA et al., 2020). Na superfície, as condições para germinação e emergência são menos favoráveis do que para as sementes enterradas a uma profundidade de 3 cm ou mais. Isto porque nesta

profundidade as oscilações de temperatura e umidade são menores, permitindo o ciclo contínuo de hidratação e mobilização das reservas da semente.

Ademais, o conteúdo de lipídios (óleo) nas sementes pode ter sido um limitador à manutenção da viabilidade em leiteiro, isto porque, em condições adversas, o consumo de reservas é elevado (SUDA e GIOGGINI, 2000; SUDA et al., 2003). Isto justifica, em parte, a redução do número de sementes no perfil do solo ao longo das avaliações.

CONCLUSÕES

Experimento I

A ausência de palha ou o estabelecimento tardio das plantas de cobertura como trevo, nabo ou aveia não foi eficiente para inviabilizar as sementes de leiteiro durante 360 dias de enterrio.

O potencial de redução da longevidade usando plantas de cobertura foi maior nas áreas cultivadas com trevo ou em áreas de pousio, enquanto naquelas com aveia e nabo, o número de sementes remanescentes foi maior e se mantiveram viáveis até os 360 DAE.

Experimento II

O manejo do solo usando cobertura morta associado ao incremento de ureia ou do formulado em pré-semeadura da soja estimulou parte das sementes a germinarem e se estabelecerem antes da soja, auxiliando na redução do banco de sementes de leiteiro.

O incremento de 70 a 280 kg de N ha⁻¹ reduziu o número de plantas de leiteiro em relação ao tratamento controle, com destaque para a aplicação do adubo formulado.

Experimento III

Sementes de leiteiro em profundidades de enterrio superiores a 9 cm perdem sua viabilidade e a capacidade de emergir em até 360 dias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aplicações de 500 mg de GA₃ L⁻¹ em plantas de leiteiro promoveu incremento de até 14% na porcentagem de germinação das sementes produzidas em áreas sem o cultivo de soja. Ao empregar o dobro da dose mencionada, houve redução no número de sementes de leiteiro produzidas em áreas de soja. Quanto aos componentes de rendimento da soja, 1000 mg de GA₃ L⁻¹ favoreceu a MMG, sem prejudicar a qualidade fisiológica dos grãos, aumentando o potencial produtivo durante a fase de colheita.

Ao empregar AIB (520 mg L⁻¹) em plantas de leiteiro resultaram no aumento do número de sementes produzidas. O maior número de sementes inviáveis de leiteiro foi obtido ao utilizar AIB nas concentrações de 312 mg L⁻¹. Nas sementes de soja, o AIB não causou redução nos componentes de rendimento e na viabilidade das sementes nos dois anos de avaliação.

No que se refere aos tratamentos com HM em plantas de leiteiro, quando se empregou 1800 mg L⁻¹, obteve-se apenas 50 sementes por planta em condições de casa de vegetação, resultando em valores consideravelmente baixos. A partir de 1900 mg de HM L⁻¹, o percentual de germinação das sementes de leiteiro supera os valores obtidos em plantas onde não se aplicou HM. A aplicação de HM + Fox[®] em plantas de leiteiro no início da floração, assim como o uso de HM + Priori[®], foram eficientes em reduzir o número de sementes por planta de leiteiro.

O uso de CH em sementes de leiteiro pode inibir a germinação de até 100% das sementes sem, contudo, inviabilizar parte destas sementes. Quanto ao número de sementes, o uso de CH apresentou baixa eficiência, se comparado ao GA₃. Na planta, o uso de até 16 L ha⁻¹ não resultou em efeitos de controle na emergência e desenvolvimento das plantas de leiteiro. Nas sementes de soja, a CH causou danos

a integridade celular e reduziu o vigor das sementes produzidas quando aplicado em condições de estresse abiótico como em anos de pouca chuva ao longo da safra.

Durante a colheita da soja, cerca de 86% das sementes de leiteiro podem ser coletadas junto ao elevador de grãos da colheitadeira. O número de sementes coletadas no saca-palha sugere que a renovação do banco com 4 sementes por planta (com 54% de germinação) pode resultar em 21600 plantas ha⁻¹ na próxima geração, sem considerar o percentual de sementes viáveis que retornaram ao solo através da chuva de sementes.

A prática de enterrio em profundidades de 9 cm ou superiores inviabilizam praticamente todas as sementes de leiteiro por um período de 360 dias em áreas de cochilha. O enterrio das sementes de leiteiro a 10 cm por 360 dias resultou nos menores valores para o percentual de sementes remanescentes em áreas cultivadas com trevo persa, enquanto as sementes na superfície apresentaram maior germinação. Nas áreas cultivadas com aveia e nabo, o número de sementes remanescentes foi maior e se mantiveram viáveis até os 360 DAE.

REFERENCIAL TEÓRICO

AARESTRUP, J.R.; KARAM, D.; CORRÊA, E.J.A.; FERNANDES, G.W. Análise da viabilidade de sementes de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 515-519, 2008.

ACHARYA, B.S.; DODLA, S.; GASTON, L.A.; DARAPUNENI, M.; WANG, J.J.; SEPAT, S.; BOHARA, H. Winter cover crops effect on soil moisture and soybean growth and yield under different tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 195, n. 1, p. 104430, 2019.

AGOSTINETTO, D.; FLECK, n. G.; VIDAL, R.A.; MEROTTO JR, A. Efeitos de adubos nitrogenados aplicados ao solo na germinação de sementes de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Agrocência**, v. 6, n. 3, p. 200-205, 2000.

AISENBERG, G.R.; KOCH, F.; PIMENTEL, J.R.; TROYJACK, C.; DUBAL, I.T.P.; DOS SANTOS, L.A.; DEMARI, G.H.; SZARESKI, V.J.; VILLELA, F.A.; MARTINAZZO, E.G.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T.Z. Soybean growth, solar energy conversion and seed vigour affected by different nitrogen (N) doses. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 343-349, 2018.

ALI, H.H.; TANVEER, A.; NADEEM, M.A.; ASGHAR, H.N. Methods to break seed dormancy of *Rhynchosia capitata*, a summer annual weed. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 71, n. 3, p. 483-487, 2011.

ALMEIDA, E.M.; DIJKSTRA, D.; RIBEIRO, F.M.; SOUSA, R.M.; ZANATA, F.A.; MACHADO, A.S.; RIOS, A.D.F. O uso de reguladores de crescimento vegetal em plantas forrageiras. **Nutri Time**, v. 12, n. 5, p. 4302-4308, 2015.

AMIM, R.T.; FREITAS, S.D.P.; FREITAS, I.L.D.J.; SCARSO, M.F. Banco de sementes do solo após aplicação de herbicidas pré-emergentes durante quatro safras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1710-1719, 2016.

AMOANIMAA-DEDE, H.; SU, C.; YEBOAH, A.; ZHOU, H.; ZHENG, D.; ZHU, H. Growth regulators promote soybean productivity: a review. **PeerJ**, v. 10, n. 1 p. 1-12, 2022.

ANTIGO, V.; BIDO, G.; FELIPE, D.; MATIAS, R.F.; MANNIGEL, A. Avaliação de parâmetros agronômicos da cultura soja em resposta a diferentes doses de adubação potássica. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 32, 2020.

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 2002. 105p. (Contribution, 32).

ASGARPOUR, R.; GHORBANI, R.; KHAJEH-HOSSEINI, M.; GOLZARDI, F.; ILKAAE, M.N. Seed longevity of spotted spurge and wild poinsettia under diverse environmental conditions. **Planta Daninha**, v. 38, n. esp., p. 1-11, 2020.

ASGARPOUR, R.; GHORBANI, R.; KHAJEH-HOSSEINI, M.; MOHAMMADVAND, E.; CHAUHAN, B.S. Germination of spotted spurge (*Chamaesyce maculata*) seeds in response to different environmental factors. **Weed Science**, v. 63, n. 2, p. 502-510, 2015.

BAGATELI, J.R.; FRANCO, J.J.; MENEGHELLO, G.E.; VILLELA, F.A. Vigor de sementes e densidade populacional: reflexos na morfologia de plantas e produtividade da soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 38686-38718, 2020.

BAGAVATHIANNAN, M.V. Efficacy of the integrated harrington seed destructor on weeds of soybean and rice production systems in the Southern United States. **Crop Science**, v. 57, n. 5, p. 2812-2818, 2017.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; SANTOS, J.C.F.D.; DEBIASI, H.; COELHO, A.E.; SAPUCAY, M.J.L.D.C.; BRATTI, F.; LOCATELLI, J.L. Performance of soybean grown in succession to black oat and wheat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, n. 1, p1-9, 2020.

BALESTRIN, J.T.; ROSA, D.P.; CAZAROTO, B. Variabilidade espacial da palha de soja distribuída na colheita e sua relação com o estande final de aveia preta. **Tecnologia em Marcha**, v. 34, n. 4, p. 28-37, 2021.

BANNON, J.S.; BAKER, J.B.; ROGERS, R.L. Germination of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*). **Weed Science**, v. 26, n. 3, p. 221-225, 1978.

BARBOSA, R.M.; SILVA, C.B.; MEDEIROS, M.A.; CENTURION, M.A.P.C.; VIEIRA, R.D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 45-51, 2012.

BASINGER, n. T.; HILL, n. S. Establishing white clover (*Trifolium repens*) as a living mulch: weed control and herbicide tolerance. **Weed Technology**, v. 35, n. 5, p. 845-855, 2021.

BAYGI, M.J.; ALIZADEH, M.; GHADERIFAR, F.; SHARIFANI, M. Dormancy removal in pistachio nut: Influences of Hydrogen Cyanamid (Dormex®) as compared to ordinary seed chemical pre-treatments. **Advances in Horticultural Science**, v. 29, n. 4, p. 171-175, 2015.

BELLÉ, C.; RAMOS, R.F.; BALARDIN, R.R.; KASPARY, T.E.; ANTONIOLLI, Z.I. Reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on weeds found in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 4, p. 380-384, 2019.

BENTO, G.P.; BASTIANI, M.L.R. Plantas de cobertura do solo na inserção de fitomassa e supressão de plantas espontâneas em sistema de manejo agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1-6, 2020.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. Springer, New York, 2013, 392 p.

BIANCHINI, A.; MORAES, p. V.D.; JAKUBSKI, J.D.; RANKRAPE, C.B.; GADYEL, E.; SCHUSTER, M.C.; ROSSI, p. Allelopathy of cover crops on the germination and initial development of *Euphorbia heterophylla*. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 14, p. 74-82, 2019.

BOLAJI, A.O.; IDOWU-AIYE, M.; MORONFADE, H.O. Reproductive biology of four weedy *Euphorbia* species from Ile-Ife, Nigeria. **Ife Journal of Science**, v. 22, n. 1, p. 1-8, 2020.

BORTOLINI, M.F.; FORTES, A.M.T. Efeito alelopático sobre a germinação de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 1, p. 5–10, 2005.

BRASIL. Legislação Brasileira Sobre Sementes E Mudanças; Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013**. Disponível em: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.

BRASIL. Legislação Brasileira Sobre Sementes E Mudanças; Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013b**. Disponível em: <https://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/portaria105_2012_mapa_anexo.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 399p. 2009.

BRECKE, B.J. Wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) germination and emergence. **Weed Science**, v. 43, n. 1, p. 103-106, 1995.

BUBANS, V.E.; CARVALHO, I.R.; CEOLIN, C.; MOURA, n. B.; LAUTENCHLEGER, F.; CONCEIÇÃO, G.M.; SILVA, J.A.G.; TRETER, R.J.R. Relative maturity group and its relationships with the non preferential sowing season of soybean. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2021.

BUZZELLO, G.L.; TREZZI, M.M.; VON HETWIG BITTENCOURT, H.; PATEL, F.; MIOTTO JUNIOR, E. Desenvolvimento e rendimento de soja em função da aplicação de ácido indol-butírico, ácido giberélico e cinetina. **Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 225-233, 2017.

CALDANA, N.F.S.; MARTELÓCIO, A.C.; RUDKE, A.P.; NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H. Frequência, intensidade e variabilidade pluviométrica na mesorregião sudoeste Paranaense. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, n. 2, p. 171-181, 2019.

CAMPEA, M.A.; MAJCHER, M.J.; LOFTS, A.; HOARE, T. A review of design and fabrication methods for nanoparticle network hydrogels for biomedical, environmental, and industrial applications. **Advanced Functional Materials**, v. 31, n. 33, p. 2102355, 2021.

CAPILHEIRA, A.F.; SILVA, J.G.; CAVALCANTE, J.A.; HORNKE, n. F.; GADOTTI, G.I. Quality of corn seeds stored in different types of packaging and stress conditions. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 28, n.1, p. 185-191, 2020.

CARAFFA, M.; PIRES, J.L.F.; RUGERI, A.P.; RIFFEL, C.T.; HARTER, L.S.H.; DANIELOWSKI, R.; PIZZANI, R. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020**. Três de Maio, Embrapa Trigo/Emater. 107p, 2019.

CARDOSO, D.L.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P.; ARAÚJO, E.F. Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 572-579, 2009.

CARMONA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, v. 10, n. 1-2, p. 5-16, 1992.

CARVALHO, L.F.; SEDIYAMA, C.S.; REIS, M.S.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 9-17, 2009.

CARVALHO, n. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CASSEL, J.L.; ROTHER, G.M.; PIMENTA, B.D.; SANTOS, D.B. Ação da auxina sobre plantas de soja. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 4628-4643, 2021

CAVALCANTE, J.A.; LOPES, K.P.; PEREIRA, n. A.; SILVA, J.G.; PINHEIRO, R.M.; MARQUES, R.L.L. Extrato aquoso de bulbos de tiririca sobre a germinação e crescimento inicial de plântulas de rabanete. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 1, p. 39-44, 2018.

CERDEIRA, A.L.; VOLL, E. Germinação e emergência do amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla* L.). In: **Embrapa Meio Ambiente-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 13. 1980, Ilhéus. Resumos: Sociedade Brasileira de Herbicidas e Ervas Daninhas, [1980]., 1980.

CHACHALIS, D. Wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*): an emerging weed incotton and processing tomato in Greece. 2015.

CHEMALE, V.M.; FLECK, n. G. Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em competição com *Euphorbia heterophylla* L. sob três densidades e dois períodos de ocorrência. **Planta Daninha**, v. 5, n. 2, p. 36-45, 1982.

CIPRIANI, V.B.; GARLET, J.; LIMA, B.M. Quebra de dormência em sementes de *Chloroleucon acacioides* e *Senna macranthera*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 49-54, 2019.

COHAVI, A.; GOLDWASSER, Y.; HORESH, A.; IGBARIYA, K.; LATI, R.N. Impact of environmental factors on seed germination and emergence of wild poinsettia (*Euphorbia geniculata* Ortega). **Crop Protection**, v. 114, n. 1, p. 68-75, 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira de Grãos**. Brasília - DF: Conab, 2023. 104 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 14 maio 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas das safras**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

CORREA FILHO, D.V.B.; SILVA CORREIA, É.C.S.; NETO, F.J.D.; SANTOS, D.V.; SILVA, T.A.; MONTEIRO, R.N.F.; FONTANA, L.F. Crescimento e desenvolvimento de aveia preta em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. **Colloquium agrariae**, v. 13, n. 2, p. 01-08, 2017.

COSTA, N. V.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P.; COELHO, É.M.P.; FERREIRA, S.D.; ARAUJO BARBOSA, J. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 25-44, 2018.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

DAMODARAN, S.; STRADER, L.C. Indole 3-butyric acid metabolism and transport in *Arabidopsis thaliana*. **Frontiers in plant science**, v. 10, n. 1, p. 851, 2019.

DEL RÍO, M.; SCHÜTZE, G.; PRETZSCH, H. Temporal variation of competition and facilitation in mixed species forests in Central Europe. **Plant Biology**, v. 16, n. 1, p. 166-176, 2013.

DOMBROSKI, J.L.D.; PAIVA, R.; ALVES, J.M.C.; SANTOS, B.R.; NOGUEIRA, R.C.; PAIVA, p. D.D.O.; BARBOSA, S. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **Cerne**, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010.

DUTRA, T.R.; MASSAD, M.D.; SARMENTO, M.F.Q.; OLIVEIRA, J.C. Ácido indolbutírico e substratos na alporquia de umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 424-429, 2012.

FERREIRA, D.T.; SILVA, I.C.; SILVA, V.M.; ENDRES, L.; SOUZA, R.C.; FERREIRA, V.M. Análise de crescimento de espécies daninhas do gênero *Euphorbia*. **Revista Agro@ambiente**, v. 11, n. 2, p. 145-152, 2017.

FINNAN, J.; BURKE, B.; SPINK, J. The effect of nitrogen timing and rate on radiation interception, grain yield and grain quality in autumn sown oats. **Field Crops Research**, v. 231, n. 1, p. 130-140, 2019.

FISCHER, D.L.D.O.; FACHINELLO, J.C.; ANTUNES, L.E.C.; TOMAZ, Z.F.P.; GIACOBBO, C.L. Efeito do ácido indolbutírico e da cultivar no enraizamento de estacas lenhosas de mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 285-289, 2008.

FORTE, C.T.; GALON, L.; BEUTLER, A.N.; BASSO, F.J.M.; NONEMACHER, F.; REICHERT JÚNIOR, F.W.; PERIN, G.F.; TIRONI, S.P. Sistemas de manejo do solo e sua influência no banco de sementes de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 435-442, 2018.

GALON, L.; FORTE, C.T.; REICHERT JÚNIOR, F.W.; TREVISOL, R.; PERIN, G.F. Competitive interaction between common black bean cultivars and *Euphorbia heterophylla*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 254-260, 2018.

GAYATHRI, R.; ROY, S.; VIJI, M.M.; BEENA, R.; MANJU, R.V. Sterility Modulation in TGMS system using plant growth regulators for hybrid rice production. **International Journal of Agriculture Sciences**, v. 10, n. 24, p. 7671-7674, 2018.

GERHARDS, R. Weed suppression ability and yield impact of living mulch in cereal crops. **Agriculture**, v. 8, n. 3, p. 39, 2018.

GILANI, S.A.Q.; SHAH, K.; AHMED, I.; BASIT, A.; SAJID, M.; BANO, A.S.; ARA, G.; SHAHID, U. Influence of indole butyric acid (IBA) concentrations on air layerage in guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sufeda. **Pure and Applied Biology**, v. 8, n. 1, p. 355-362, 2019.

GIRALDELI, A.L.; FONTANETTI, A.; SANTOS, D.A.P.O. Weed control in organic corn crop with direct seeding. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**. v. 13, n. 2, p. 228-236, 2019.

GNIASZDOWSKA A.; KRASUSKA, U.; BOGATEK, R. Dormancy removal in apple embryos by nitric oxide or cyanide involves modifications in ethylene biosynthetic path-way. - **Planta**, v. 232, n. 6, p. 1397-1407, 2010.

GORDIN, C.R.B.; SCALON, S.P.Q.; MASETTO, T.E. Disponibilidade hídrica do substrato e teor de água da semente na germinação de niger. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 312-318, 2015.

GULARTE, J.A.; MARQUES, F.S.; MARQUES, R.L.L.; MIURA, A.; DA SILVA ALMEIDA, A.; DE TUNES, L.; PANOZZO, L.E. Coloração do tegumento e a qualidade fisiológica de sementes de trevo persa. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 172-185, 2019.

HAGEMANN, T.R.; BENIN, G.; LEMES, C.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T.N.; PAGLIOSA, E.S.; BECHE, E. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 509-518, 2010.

HANSEN, p. H.; SILVA, D.M.; LANZANOVA, L.S.; GUERRA, D.; LANZANOVA, M.E.; SOUZA, E.L.; BOHRER, R.E.G. Nabo forrageiro: potencialidades da espécie como descompactador do solo, reciclador de nutrientes e produtor de biomassa. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. 1-12, 2023.

HASSANPOUR-BOURKHEILI, S.; HERAVI, M.; GHEREKHLOO, J.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; PRADO, R. Fitness cost of imazamox resistance in wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.). **Agronomy**, v. 10, n. 12, p. 1859, 2020.

HENZ, F.M.; ROSA, H.A. Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno. **Revista Cultivando o Saber**, v. 10, n. esp. p. 194-202, 2017.

HOSSEL, C.; OLIVEIRA HOSSEL, J.S.A.; JÚNIOR, A.W.; FABIANE, K.C.; CITADIN, I. Estratificação e ácido indolbutírico na germinação de sementes de araçazeiro vermelho. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 52-57, 2017.

IJAZ, M.; HONERMEIER, B. Effect of triazole and strobilurin fungicides on seed yield formation and grain quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). **Field Crops Research**, v. 130, n. 1, p. 80-86, 2012.

IJAZ, M.; MAHMOOD, K.; HONERMEIER, B. Interactive role of fungicides and plant growth regulator (Trinexapac) on seed yield and oil quality of winter rapeseed. **Agronomy**, v. 5, n. 3, p. 435-446, 2015.

IKRAM, R.M.; TANVEER, A.; ATA, Z.; SAQIB, M. Dormancy studies on *Euphorbia dracunculoides* and *Astragalus* spp.: major weeds of arid areas. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 747-753, 2014.

JIMÉNEZ, V.M.; GUEVARA, E.; HERRERA, J.; ALIZAGA, R.; BANGERTH, F. Changes in hormone concentrations during dormancy release of oil palm (*Elaeis guineensis*) seeds. **Seed Science and Technology**, v. 36, n. 3, p. 575-587, 2008.

KAKHKI, S.F.F.; BEIKZADEH, n. Effect of gibberellin and indole-3-butyric acid on germination indices and vigor of scallion (*Allium fistulosum*) seeds. **Iran Agricultural Research**, v. 41, n. 1, p. 39-47, 2022.

KARKI, P.; ATREYA, P. N.; SHRESTHA, S. Effect of maleic hydrazide and gibberellic acid on growth and yield of African marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Calcuttia Orange. **Fundamental and Applied Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 272–278, 2021.

KEPCZYŃSKI, J. Gas-priming as a novel simple method of seed treatment with ethylene, hydrogen cyanide or nitric oxide. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 43, n. 8, p. 117, 2021.

KHADR, A.; WANG, G.L.; WANG, Y.H.; ZHANG, R.R.; WANG, X.R.; XU, Z.S.; XIONG, A.S. Effects of auxin (indole-3-butyric acid) on growth characteristics, lignification, and expression profiles of genes involved in lignin biosynthesis in carrot taproot. **PeerJ**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2020.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo III, 2.ed. São Paulo: BASF Brasileira, 2000. 722p.

KOUAKOU, N. D.V.; TRAORÉ, G.C.M.; ANGBO-KOUAKOU, C.E.M.; GRONGNET, J.F.; KOUBA, M. Effect of feeding *Euphorbia heterophylla* seeds on egg production, egg quality, lipid composition and sensory evaluation of eggs. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 31, n. 2, p. 5000-5009, 2016.

KRANNER, I.; MINIBAYEVA, F.V.; BECKETT, R.P.; SEAL, C.E. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. **New Phytologist**, v. 188, n. 3, p. 655-673, 2010.

KRASUSKA, U.; GNIAZDOWSKA, A. Nitric oxide and hydrogen cyanide as regulating factors of enzymatic antioxidant system in germinating apple embryos. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 34, n. 2, p. 683-692, 2012.

KUMAR, E.S.; CHANNAVEERSWAMI, A.S.; MERWADE, M.N.; NAIK, V. R.; KRISHNA, A. Influence of nipping and hormonal sprays on growth and seed yield in field bean [*Lablab purpureus* (L.) Sweet] Genotypes. **International Journal of Economic Plants**, v. 5, n. 1, p. 8-14, 2018.

LAKSHMI, J.; GOWDA, R.; NARAYANASWAMY, S.; SHIVANANDAM, V. N. Influence of pre-flowering pinching and Maleic hydrazide spray on plant growth, seed yield and quality attributes in fenugreek. **Legume Research: An International Journal**, v. 38, n. 3, p. 353-357, 2015.

LAL, B.; GAUTAM, P.; RAJA, R.; TRIPATHI, R.; SHADID, M.; MOHANTY, S.; PANDA, B.B.; BHATTACHARYYA, P.; NAYAK, A.K. Weed seed bank diversity and community shift in a four-decade-old fertilization experiment in rice–rice system. **Ecological Engineering**, v. 86, n. 1, p. 135-145, 2016.

LATI, R.N.; GOLDWASSER, Y.; HORESH, A.; IGBARIYA, K. Wild poinsettia biology and management—determining optimal control with herbicides and propane flaming. **Crop Protection**, v. 115, n. 1, p. 20-26, 2019.

LEE, N. **Integrated weed seed destruction technology moves to commercial phase with de Bruin**. 2012. Disponível em: <<https://grdc.com.au/news-and->

media/news-and-media-releases/national/2016/02/integrated-weed-seed-destruction-technology-moves-to-commercial-phase-with-de-bruin>. Acesso em: 13 jun. 2023.

LEUNG, A.K.; BOLDRIN, D.; LIANG, T.; WU, Z.Y.; KAMCHOOM, V.; BENGOUGH, A.G. Plant age effects on soil infiltration rate during early plant establishment. **Geotechnique**, v. 68, n. 7, p. 646-652, 2018.

LISBOA, C.C.; LIMA, F.R.D.; REIS, R.H.C.L.; SILVA, C.A.; MARQUES, J.J. Taxa de mineralização do nitrogênio de resíduos orgânicos. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 27, n. 2, p. 341-355, 2018.

MACHADO, A.B.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; PAEL, F.; CIESLIK, L.F.; DEBASTIANI, F. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta daninha**, v. 33, n. 1, p. 41-48. 2015.

MACLAREN, C.; BENNETT, J.; DEHNEN-SCHMUTZ, K. Management practices influence the competitive potential of weed communities and their value to biodiversity in South African vineyards. **Weed Research**, v. 59, n. 2, p. 93-106, 2019.

MAMMADOVA, A.; ALIYEV, R.; BABAYEVA, S.; ABBASOV, M. Studying the intensity of physiological and genetic processes in plants treated with maleic hydrazide. **Albanian Journal of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 4, p. 338, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 3.1-3.24.

MARTINS, A.B.N.; DA MOTTA XAVIER, F.; DIAS, L.W.; MENEGUZZO, M.R.R.; VERA, M.J.G.; MORAES, D.M. Qualidade fisiológica de lotes de sementes de amaranto. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, v. 1, n. 1, p. 2433-2440, 2017.

MATAKIADIS, T.; ALBORESI, A.; JIKUMARU, Y.; TATEMATSU, K.; PICHON, O.; RENOU, J.P.; TRUONG, H.N. The Arabidopsis abscisic acid catabolic gene CYP707A2 plays a key role in nitrate control of seed dormancy. **Plant physiology**, v. 149, n. 2, p. 949-960, 2009.

MAURINA, A.C. Perdas na Colheita Mecanizada Soja: **Levantamento de prevenção de perdas na colheita da soja no estado do Paraná - safra 11/12**. 19 f. Instituto de Pesquisa EMATER - SEAB; EMBRAPA - Soja, Curitiba, PR, Brasil, 2012. Disponível em:< <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Editora-IDR-Parana>>. Acessado em: 15 ago. 2022.

MEDAUAR, C.C.; GALVÃO, Í.M.; CARVALHO, L.C.C.; ASSIS SILVA, S. Alternativa para controle de plantas daninhas por meio de capina elétrica em sistemas

silviculturais. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 5, n. 1, p. 33-38, 2018.

MEDEIROS, L.B.; AISENBERG, G.R.; PETER, M.; MENGUE ROLIM, J.; ZANATTA AUMONDE, T.; PEDÓ, T. Nitrogênio em soja: qualidade fisiológica das sementes. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 120, n. 1, p. 1-10, 2021.

MIRANDA NETO, A.; MARTINS, S.V.; SILVA, K.D.A.; LOPES, A.T.; DEMOLINARI, R.D.A. Banco de sementes em mina de bauxita restaurada no Sudeste do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 00125414, p. 1-11, 2017.

MIRANSARI, M.; SMITH, D. L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and experimental botany**, v. 99, n. 1, p. 110-121, 2014.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 203-209, 2005.

MORAES, P.V.D.D.; AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L.E.; OLIVEIRA, C.; VIGNOTO, G.K.; MARKUS, C. Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas e desempenho produtivo da cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 497-508, 2013.

NEVES, C.G.; NASCIMENTO, M.B.; DA PAZ MAICH, S.L.; SOUZA JÚNIOR, I.T.; GRIEP, D.; BARROS, D.R. Identificação molecular de begomovírus associados a plantas daninhas/Molecular identification of weed-associated begomoviruses. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16430-16436, 2020.

NIGAM, R.K.; VARKEY, M.; REUBEN, D.E. Effects of gibberellic acid B-9 and CCC on the growth and flower sex in *Arachis hypogaea*. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 1, p. 17-24, 1983.

NORSWORTHY, J.K.; KORRES, n. E.; WALSH, M.J.; POWLES, S.B. Integrating herbicide programs with harvest weed seed control and other fall management practices for the control of glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). **Weed Science**, v. 64, n. 3, p. 540–550, 2016.

NOVAKOSKI, F.P.; ALBRECHT, L.P.; ALBRECHT, A.J.P.; SILVA, A.F.M.; MATTIUZZI, M.D.; MUNDT, T.T.; WAGNER, F.G. Post-emergence application of herbicides and growth regulators on soybean growth and agronomic performance. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 23, n. 1, p. 253-258, 2020.

NÚÑEZ FRÉ, F.R.; JUAN, v. F.; SAINT ANDRÉ, H.M.; CHANTRE, G.R. Demographic and phenological studies on david's spurge (*Euphorbia davidii*) in the central area of Buenos Aires Province, Argentina. **Planta Daninha**, v. 36, n. 1, p. 1-14, 2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; RIOS, F.A.; CONSTANTIN, J.; ISHII-IWAMOTO, E.L.; GEMELLI, A.; MARTINI, p. E. Grass straw mulching to suppress emergence and early growth of weeds. **Planta daninha**, v. 32, n. 1, p. 11-17, 2014.

OLIVEIRA, A.C.B.; ROSA, A.P.S.A. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2016. 128 p.

OLIVEIRA, Z.B.; KNIES, A.E.; BOTTEGA, E.L.; SILVA, C.M.; GOMES, J.I.T. Influência da irrigação suplementar na produtividade de cultivares de soja para a safra e safrinha 2018-19 e 2019-20 na região central do RS. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15580-15595, 2021.

OLORUNMAIYE, K.S.; OGUNFOLAJI, R.T. Effect of density and duration of *Euphorbia heterophylla* (L.) on the performance of cowpea (*Vigna unguiculata*) (Walp). **NISEB Journal**, v. 1, n. 4, p. 1-12, 2019.

ORACZ, K.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; KRANNER, I.; BOGATEK, R.; CORBINEAU, F.; BAILLY, C. The mechanisms involved in seed dormancy alleviation by hydrogen cyanide unravel the role of reactive oxygen species as key factors of cellular signaling during germination. **Plant physiology**, v. 150, n. 1, p. 494-505, 2009.

PAGANO, M.C.; MIRANSARI, M. The importance of soybean production worldwide. In: **Abiotic and biotic stresses in soybean production**. Academic Press, 2016. p. 1-26.

PAIXÃO, C.S.; CHRISPIN, C.P.; SILVA, R.P.D.; GIRIO, L.A.; VOLTARELLI, M.A. Physical and physiological quality of soybean seeds at three speeds of the harvester. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 214-218, 2017.

PEREIRA, L.S.; OLIVEIRA, G.S.; COSTA, E.M.; SOUSA, G.D.; SILVA, J.N.; SILVA, H.F.; JAKELAITIS, A. Manejo de plantas daninhas e rendimento de feijão-caupi utilizando plantas de cobertura do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 23044-23059, 2020.

PIASECKI, C.; MAZON, A.; MONGE, A.; CAVALCANTE, J.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Glyphosate aplicado no início do estágio reprodutivo inviabiliza a produção de sementes de buva resistente ao Glyphosate. **Planta Daninha**, v. 37, n. 1, p. 1-10, 2019.

PINTO, P.H.G.; DA SILVA RODRIGUES, C.M.; LIMA, S.F.; ALVAREZ, R.D.C.F.; OLIVEIRA, I.C.; GAIOTTO, A.H.P.; MANHOLER, M.M.; TOGNIN, J.R.; SANTO, A.D.C.E. Coberturas vegetais na entressafra de culturas afetando o banco de sementes de plantas daninhas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. 1-10, 2021.

POORTER, H.; BÜHLER, J.; VAN DUSSCHOTEN, D.; CLIMENT, J.; POSTMA, J.A. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. **Functional Plant Biology**, v. 39, n. 11, p. 839-850, 2012.

PRADO, J.P.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MARTINS, C.C.; VIEIRA, R.D. Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 407-415, 2019.

PRANDO, A.M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E.A.D.P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 272-279, 2012.

QUICK, G.; BUCHELE, W. **The grain harvesters**. St. Joseph: ASAE, 1978. 269p. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Combine_harvester>. Acesso em: 14 jul. 2023.

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

RADOSEVICH, S.R., HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. **Ecology of Weeds and Invasive Plants: Relationship to Agriculture and Natural Resource Management**: Third Edition. In *Ecology of Weeds and Invasive Plants: Relationship to Agriculture and Natural Resource Management*: 3ed. 2007, 474p.

RAO, n. K.; DULLOO, M.E.; ENGELS, J.M. A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in genebanks. **Genetic resources and crop evolution**, v. 64, n.1, p. 1061-1074, 2017.

RASTEGAR, A.; ZARE, M.; SHARAFZADEH, S.; ORDOOKHANI, K.; ALIZADEH, O. The effect of planting density and weed interference on agricultural traits of different rapeseed genotypes in Darab Region using multivariate statistical methods. **Nativa**, v. 6, n. 3, p. 276-287, 2018.

RODRIGUES JUNIOR, A.G.; OLIVEIRA, T.G.S.; SOUZA, p. P.D.; RIBEIRO, L.M. Water uptake and pre-germination treatments in macaw palm (*Acrocomia aculeata* - Arecaceae) seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p. 99-105, 2013.

ROJANO-DELGADO, A.M., PORTUGAL, J.M., PALMA-BAUTISTA, C.; ALCÁNTARA-DE, L.C. Target site as the main mechanism of resistance to imazamox in a *Euphorbia heterophylla* biotype. **Scientific Reports**, v. 9, n. 15423, p. 1-11, 2019.

SAFFARI, P.; MAJD, A.; JONOUBI, P.; NAJAFI, F. Effect of treatments on seed dormancy breaking, seedling growth, and seedling antioxidant potential of *Agrimonia eupatoria* L. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 20, n. 1, p. 100282, 2021.

SAHA, D.; MARBLE, S.C.; PEARSON, B.; PÉREZ, H.; MACDONALD, G.; ODERO, D. Emergence of garden spurge (*Euphorbia hirta*) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) in response to different physical properties and depths of common mulch materials. **Weed Technology**, v. 34, n. 2, p. 172-179, 2020.

SANTOS, A.M.D.S.; BRUNO, R.D.L.A.; CRUZ, J.D.O.; SILVA, I.D.F.D.; ANDRADE, A.P.D. Variabilidade espacial do banco de sementes em área de Caatinga no Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 542-555, 2020.

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; ALBUQUERQUE, U.P.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R.; ARAÚJO, E.L. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? **Flora**, v. 208, n. 7, p. 445-452, 2013.

SANTOS, J.B.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; COSTA, L.C. Produção e características qualitativas de sementes de plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 20, n. 1, p. 237-241, 2002.

SARKAR, M.D.; MONIRUZZAMAN, M.; ALAM, M.S.; RAHMAN, M.J.; QUAMRUZZAMAN, R.N.R.; SUBRAMANIAM, S. Growth, sex expression and nutrient composition of cucumber (*Cucumis sativus*) as influenced by maleic hydrazide. **Pakistan Journal of Botany**, v. 51, n. 1, p. 117-123, 2019.

SCHAPPERT, A.; SCHUMACHER, M.; GERHARDS, R. Weed control ability of single sown cover crops compared to species mixtures. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 294, 2019.

SCHWARTZ-LAZARO, L.M. NORSWORTHY, J.K.; WALSH, M.J.; BAGAVATHIANNAN, M.V. Efficacy of the integrated harrington seed destructor on weeds of soybean and rice production systems in the Southern United States. **Crop Science**, v. 57, n. 5, p. 2812-2818, 2017.

SCHWARTZ-LAZARO, L.M. NORSWORTHY, J.K.; WALSH, M.J.; BAGAVATHIANNAN, M.V. Efficacy of the integrated harrington seed destructor on weeds of soybean and rice production systems in the Southern United States. **Crop Science**, v. 57, n. 5, p. 2812-2818, 2017.

SEIDEL, E.P.; CAETANO, J.H.S.; KARPINSKI, A.S.; REIS, W.D. Residual dry matter, weeds and soil aggregates after winter cover crop. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 32, n. 2, p. 1-11, 2019.

SHAHNIZA, S.S.; FIRDAUS, I.M.; ROSLAN, I. Effect of time of application and concentrations of plant growth regulators on growth and yield of sweet corn (*Zea mays* L.). **Research on Crops**, v. 21, n. 1, p. 46-53, 2020.

SHARMA, K.; ROK LEE, Y.; PARK, S.W.; NILE, S.H. Importance of growth hormones and temperature for physiological regulation of dormancy and sprouting in onions. **Food Reviews International**, v. 32, n. 3, p. 233-255, 2016.

SHELDON, K.; PURDOM, S.; SHEKOOFA, A.; STECKEL, L.; SYKES, v. Allelopathic impact of cover crop species on soybean and goosegrass seedling germination and early growth. **Agriculture**, v. 11, n. 10, p. 2-11, 2021.

SHUAI, H.; MENG, Y.; LUO, X.; CHEN, F.; ZHOU, W.; DAI, Y.; QI, Y.; DU, J.; YANG, F.; LIU J.; YANG, W.; SHU, K. Exogenous auxin represses soybean seed

germination through decreasing the gibberellin/abscisic acid (GA/ABA) ratio. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.

SILVA, A.P.; SILVA, R.P.; SILVA, T.R.B.; KROHN, n. G.; CASTALDO, J.H. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da aplicação de fungicidas via foliar. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 4, p. 1-12, 2017.

SILVA, A.P.; SILVA, R.P.; SILVA, T.R.B.; KROHN, n. G.; CASTALDO, J.H. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da aplicação de fungicidas via foliar. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 4, p. 1-12, 2017.

SILVA, J.G.; GADOTTI, G.I.; MORAES, D.M.; SILVA, A.H.; CAVALCANTE, J.A.; MENEGHELLO, G.E. Equipment to assess vigor in soybean seeds using CO₂ produced during respiration. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 353-358, 2021.

SILVA, K.; SILVA, E.E.; FARIAS, E.D.N.C.; SILVA CHAVES, J.; ALBUQUERQUE, C.N.B.; CARDOSO, C. Agronomic efficiency of Bradyrhizobium pre-inoculation in association with chemical treatment of soybean seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 14, p. 726-732, 2018.

SILVA, O.L.M.; CORDEIRO, I.; CARUZO, M.B.R. Seed morphology in Euphorbia and its taxonomic applications: a case study in São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 1, p. 349-358, 2016.

SILVA, p. V.; TRONQUINI, S.M.; BARBOSA, G.C.; CARVALHO DIAS, R.; VEIGA, J.P.S.; INACIO, E.M. Eficácia de flumioxazin em *Euphorbia heterophylla* L. aplicado sobre diferentes tipos e quantidades de resíduos culturais e simulações de chuva. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 324-332, 2020.

SILVA, S.A.; CARVALHO, F.; COSTA, F.; COIMBRA, J.; LORENCETTI, C. Efeito dos mutagênicos Azida sódica e Metano sulfonato de etila, na geração M1, em trigo (*Triticum aestivum* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 125-129, 1998.

SILVA, U.P.; FURLANI, G.M.; DEMUNER, A.J.; SILVA, O.L.M.; VAREJÃO, E.V.V. Allelopathic activity and chemical constituents of extracts from roots of *Euphorbia heterophylla* L. **Natural product research**, v. 33, n. 18, p. 2681-2684, 2019.

SOOGANNA, L.S.; BABU, p. K.; CHAITANYA, U.; KESHAVULU, K. Effect of maleic hydrazide on induction of seed dormancy and seed quality parameters in rice. **Seed Research**, v. 40, n. 2, p. 124-133, 2012.

SOUZA, C.A.; FIGUEIREDO, B.P.; COELHO, C.M.M.; CASA, R.T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

SOUZA, J.M.A.; SILVA, M.D.S.; FERRAZ, R.A.; MODESTO, J.H.; FERREIRA, R.B.; BOLFARINI, A.C.B.; TECCHIO, M.A.; LEONEL, S. The use of hydrogen cyanamide

or nitrogen fertilizer increases vegetative and productive performance of fig cv. Roxo de Valinhos. **Acta Scientiarum**, v. 43, n. esp., p. 1-11, 2021.

SOUZA, R.G.; CARDOSO, D.B.O.; MAMEDE, M.C.; HAMAWAKI, O.T.; SOUSA, L.B. Desempenho agrônomo de soja, sob interferência de plantas infestantes. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 28, n. 2, p. 194-203, 2019.

STRENSKE, A.; VASCONCELOS, E.S.; HERZOG, n. F.M.; MALAVASI, M.D.M. Germinação de sementes de quinoa com diferentes períodos de armazenamento. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 286-290, 2015.

STURM, D.J.; PETEINATOS, G.; GERHARDS, R. Contribution of allelopathic effects to the overall weed suppression by different cover crops. **Weed Research**, v. 58, n. 5, p. 331-337, 2018.

SUBBARAO, S.L.V.; KIRAN BABU, P.; CHAITANYA, U.; KESHAVULU K. Effect of maleic hydrazide on induction of seed dormancy and seed quality parameters in rice. **Seed Research**, v. 40, n. 2, p. 109-221, 2012.

SUDA, C.N.; BUCKERIDGE, M.S.; GIORGINI, J.F. Cell wall hydrolases in the seeds of *Euphorbia heterophylla* L. during germination and early seedling development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, n. 1, p. 135-143, 2003.

SUDA, C.N.K., GIOGGINI, J.F. Seed reserve composition and mobilization during germination and initial seedling development of *Euphorbia heterophylla*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 12, n. 3, p. 226-245, 2000.

SWIETLIŃSKA, Z.; ZUK, J. Cytotoxic effects of maleic hydrazide. **Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology**, v. 55, n. 1, p. 15-30, 1978.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. (6ed.). 888p. Porto Alegre, Artmed, 2017.

TEIXEIRA, S.B.; SILVA, J.G.; MENEGUZZO, M.R.R.; MARTINS, A.B.N.; MENEGHELLO, G.E.; TUNES, L.V.M.D. Sementes de soja esverdeada: efeito na qualidade fisiológica. **Ciência Rural**, v. 50, n. 2, p. 1-6, 2020.

TOSTES, J.B.D.F.; SILVA, A.J.R.D.; KUSTER, R.M. Isolation and characterization of polyphenols from *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) leaves. **Revista Fitos**, v. 13, n. 1, 49-60, 2019.

TREZZI, M.M.; PORTES, E.D.S.; SILVA, H.L.; GUSTMAN, M.S.; SILVA, R.P.; FRANCHIN, E. Características morfofisiológicas de biótipos de *Euphorbia heterophylla* com resistência a diferentes mecanismos de ação herbicida. **Planta daninha**, v. 27, n. esp., p. 1075-1082, 2009.

TU, T.; ZHENG, S.; REN, P.; MENG, X.; ZHAO, J.; CHEN, Q.; LI, C. Coordinated cytokinin signaling and auxin biosynthesis mediates arsenate-induced root growth inhibition. **Plant physiology**, v. 185, n. 3, p. 1166-1181, 2021.

ULGUIM, A.R.; AGOSTINETTO, D.; OLIVEIRA, C.; RUCHEL, Q.; SILVA, J.D.G.; VARGAS, L.; AVILA, L.A. Does competition between soybeans and Wild Poinsettia with low-level resistance or susceptibility to glyphosate affect physiology and secondary metabolism? **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1133-1144, 2017.

ULLAH, Z.; ABBAS, S.J.; NAEEM, N.; LUTFULLAH, G.; MALIK, T.; KHAN, M.A.U.; KHAN, I. Effect of indole butyric acid (IBA) and naphthalene acetic acid (NAA) plant growth regulators on Marigold (*Tagetes erecta* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 29, p. 4015-4019, 2013.

VENEZIAN, A.; DOR, E.; ACHDARI, G.; PLAKHINE, D.; SMIRNOV, E.; HERSHENHORN, J. The influence of the plant growth regulator maleic hydrazide on Egyptian broomrape early developmental stages and its control efficacy in tomato under greenhouse and field conditions. **Frontiers in plant science**, v. 8, n. 1, p. 691, 2017.

VENEZIAN, A.; DOR, E.; ACHDARI, G.; PLAKHINE, D.; SMIRNOV, E.; HERSHENHORN, J. The influence of the plant growth regulator maleic hydrazide on Egyptian broomrape early developmental stages and its control efficacy in tomato under greenhouse and field conditions. **Frontiers in plant science**, v. 8, n. 1, p. 691, 2017.

VERAS, A.M.F.B. **Fenologia e armazenamento de sementes de *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell e *Euphorbia heterophylla* L.** 2019. 92 f. Tese (Doutorado em Proteção de plantas) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Proteção de plantas, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.

VWIOKO, E.D.; EL-ESAWI, M.A.; IMONI, M.E.; AL-GHAMDI, A.A.; ALI, H.M.; EL-SHEEKH, M.M.; ABDELDAYM, E.A.; AL-DOSARY, M.A. Sodium azide priming enhances waterlogging stress tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Agronomy**, v. 9, n. 11, p. 1-16, 2019.

WALSH, M.J.; POWLES, S.B. High seed retention at maturity of annual weeds infesting crop fields highlights the potential for harvest weed seed control. **Weed Technology**, v. 28, n. 3, p. 486-493, 2014.

WANDSCHEER, A.C.D.; PASTORINI, L.H. Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 949-953, 2008.

WERLANG, T.; LUZ, A.C.P.; POZZO, v. C.; SCHWERZ, L.A.; TIRONI, S.P.; FRANZ, E. Fitossociologia de plantas daninhas em função de diferentes manejos de coberturas de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 3, p. 1-11, 2018.

WESTBROOK, A.S.; BHASKAR, V.; DITOMMASO, A. Weed control and community composition in living mulch systems. **Weed Research**, v. 61, n. 5, p. 1-12, 2021.

WILSON, A.K. *Euphorbia heterophylla*: A review of distribution, importance and control. Tropical Pest Management, **Tropical Pest Management**, v. 27, n. 1, p. 32-38, 1981.

WILSON, A.; CUDDY, W.S.; PARK, R.F.; HARM, G.F.S.; PRIEST, M.J.; BAILEY, J.; MOFFITT, M.C. Investigating hyperparasites as potential biological control agents of rust pathogens on cereal crops. **Australasian Plant Pathology**, v. 49, n. 3, p. 231-238, 2020.

WURZ, D.A.; KOWAL, A.N.; DE ALMEIDA, R.S.; MACIEL, T.A.S.; OLIVEIRA, S.; NIZER, M.; ARENDARTCHUK, C.; COSTA, S.T.B. Quebra de dormência da videira 'Niágara Branca' com a utilização de cianamida hidrogenada no Planalto Norte Catarinense. **Scientia Vitae**, v. 10, n. 31, p. 13-22, 2020.

XUE, Y.L.; CHEN, J.N.; HAN, H.T.; LIU, C.J.; GAO, Q.; LI, J.H.; LIU, C.Q. Multivariate analyses of the physicochemical properties of turnip (*Brassica rapa* L.) chips dried using different methods. **Drying Technology**, v. 38, n. 4, p. 411-419, 2020.

YAMAUTI, M.S.; BARROSO, A.A.M.; GIANCOTTI, p. R.F.; SQUASSONI, v. L.; REVOLTI, L.T.M.; ALVES, p. L.C.A. Emergência de plantas daninhas em função da posição da semente e quantidade de palha de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 2, p. 75-80, 2011.

YAN, A; CHEN, Z. The control of seed dormancy and germination by temperature, light and nitrate. **The Botanical Review**, v. 86, n. 1, p. 39-75, 2020.

ZANON, A. J.; STRECK, n. A.; GRASSINI, p. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 1, p. 1447-1454, 2016.

ZEB, N.; SAJID, M.; KHATTAK, A.M.; HUSSAIN, I. Effect of potassium and maleic hydrazide on growth and flower quality of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*). **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 31, n. 4, p. 210-216, 2015.

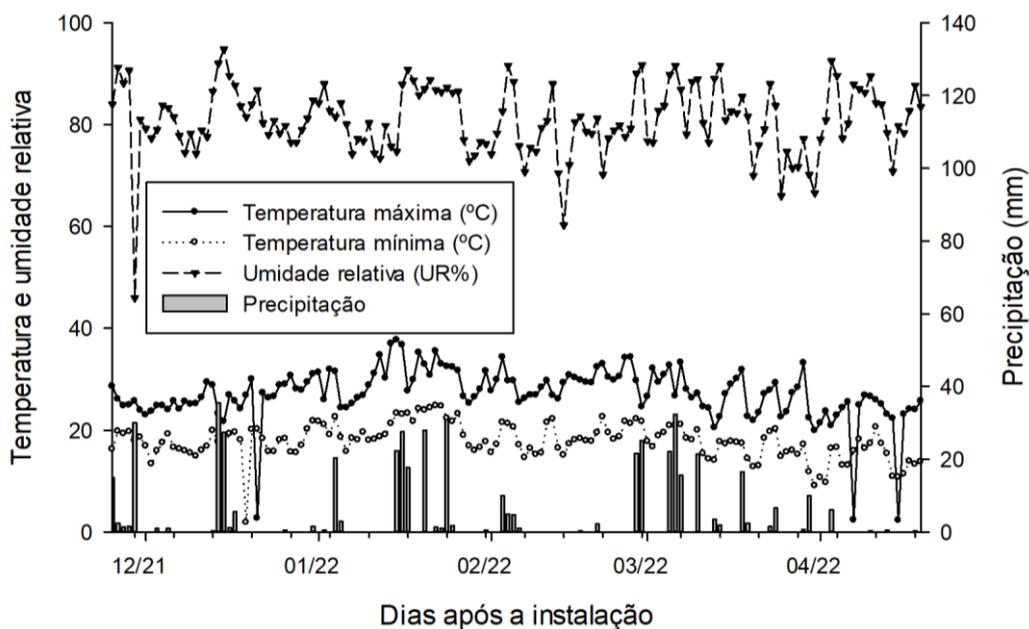
ZWIRTES, A.L.; REINERT, D.J.; GUBIANI, p. I.; SILVA, v. R.D.; MULAZZANI, R.P.; SOMAVILLA, A. Temperature changes in soil covered by black oat straw. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 1, p. 1127-1130, 2017.

ANEXOS

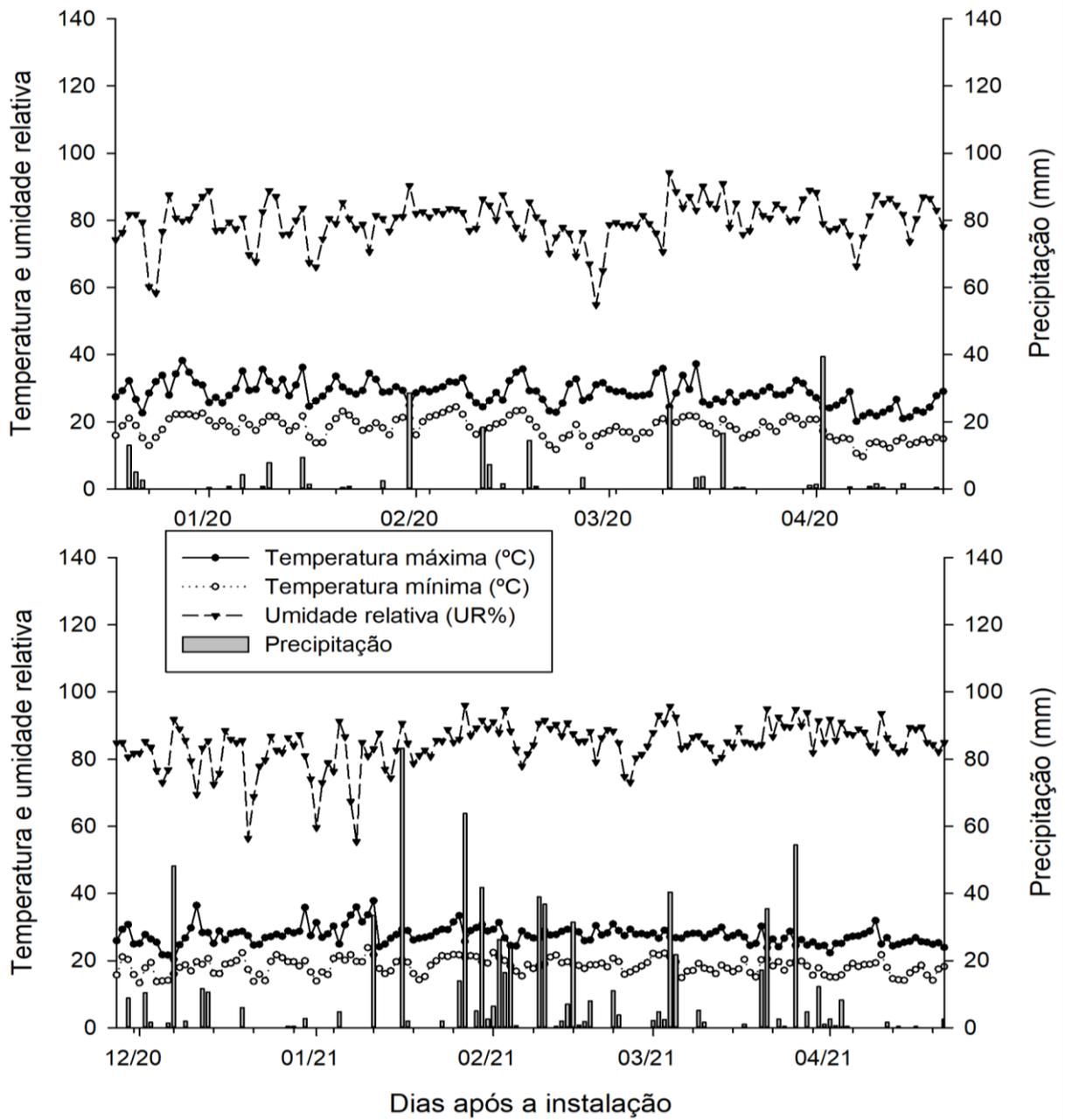
Anexo A. Análise química e física do solo da área experimental onde fora conduzido os experimentos a campo (coletado na camada 0-15 cm).

	pH (1:1)	5,20		Ca/Mg	2,78
mg dm ⁻³	P	44,30	Relações molares	Ca/K	10,42
	K ⁺	94,00		Mg/K	3,75
	K ⁺	0,24		m%	5,10
	Na ⁺	14,00		V%	57,00
cmol _c dm ⁻³	H ⁺ +Al ³⁺	2,80		Índice SMP	6,40
	Al ³⁺	0,20	g kg ⁻¹	M.O.	1,10
	Ca ²⁺	2,50		Areia	31,91
	Mg ²⁺	0,90		Silte	64,89
	CTC _{efetiva}	3,90		Argila	3,20
		CTC _{pH7}	6,50		Classe textural

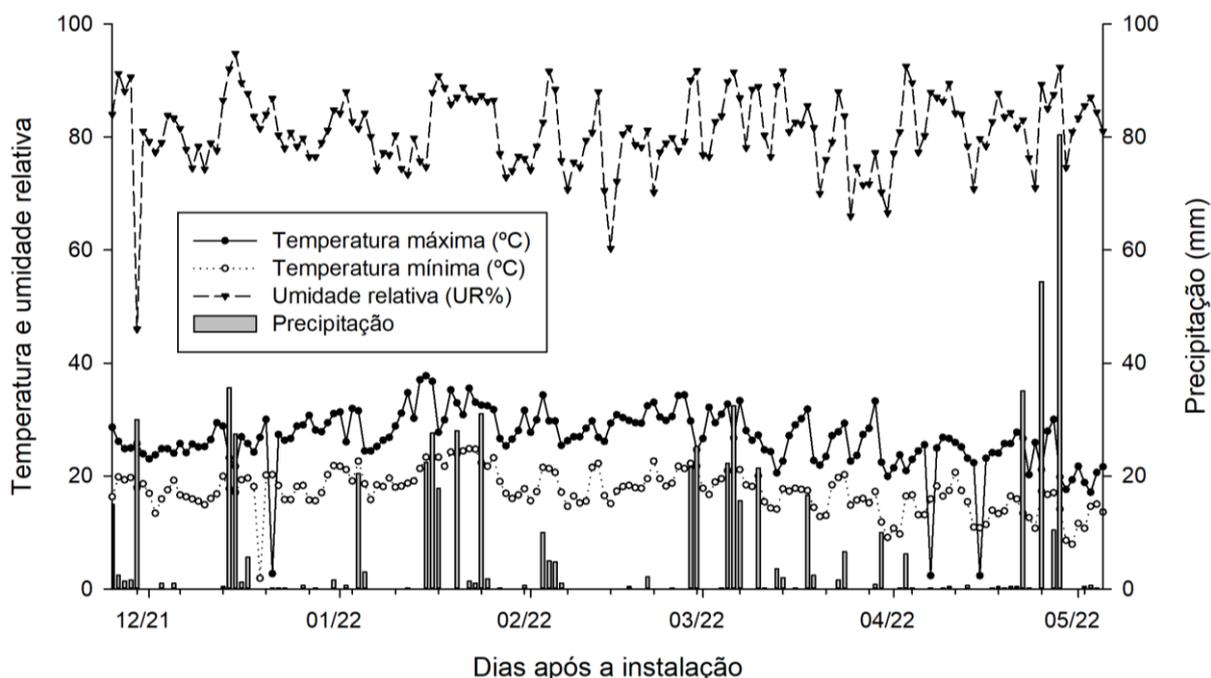
P, K, Na: Extrator Mehlich 1; SB: Soma de Bases Trocáveis; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black.



Anexo B. Dados climáticos coletados durante o período de condução do experimento. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023. Capítulo I - Experimento II.



Anexo C. Dados climáticos coletados durante o período de condução do experimento. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023. Capítulo I - Experimento III.



Anexo D. Variações relacionadas ao clima durante a condução dos experimentos com *Euphorbia heterophylla* L. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2022. Fonte: <http://agromet.cpact.embrapa.br/> Capítulo I - Experimento IV.

Anexo E. Resumo da análise de variância para o número de ramos e de sementes e da qualidade fisiológica em plantas e sementes de leiteiro em função dos níveis de hidrazida maleica e da época de aplicação. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

	Época (E)	Níveis (N)	E x N	Erro	Média	CV(%)	IC	
NR	0,02ns	2,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,4	3,0	36,6	2,89	3,56
NS	28811,0	5053,3 ^{ns}	21304,4*	8278,3	68,4	68,41	105	161
PCG	1430,1*	999,5*	5205,9*	46,9	65,0	10,5	57,41	72,67
G(%)	1064,1*	1032,9*	5086,1*	46,5	66,0	10,3	58,51	73,57
Víaveis	602,0*	2002,1*	3744,5*	13,9	78,7	4,73	71,58	85,83
Inviáveis	1101,9*	222,2*	164,7*	13,9	13,0	28,73	10,50	15,41
GL	1	5	5	36	-	-		

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. NR = número de ramos; NS = número de sementes; PCG = primeira contagem de germinação; G(%) = percentual de germinação; IC = intervalo de confiança; GL = graus de liberdade. Capítulo I - Experimento I.

Anexo F. Resumo da análise de variância para as avaliações realizadas em plantas e sementes de leiteiro e de soja em função do tipo de fungicida e época de aplicação. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

----- Quadrado médio -----								
	Fator A	Fator B	A x B	Test*Trat	Bloco	Erro	Média	CV(%)
NPL	0,5 ^{ns}	24,4 ^{ns}	8,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}	10,70 ^{ns}	10,7	4,2	78,4
NRL	3,4 ^{ns}	5,6 ^{ns}	8,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}	5,80 ^{ns}	6,7	4,1	63,49
NSL	138,8 ^{ns}	695,7 ^{ns}	161421,7*	5788,2 ^{ns}	7450,33 ^{ns}	6158,5	171,0	202,00
PCG	1250,0*	450,7*	290,7*	14,0 ^{ns}	14,3	73,4	70,0	12,23
G(%)	600,9*	309,5*	108,2 ^{ns}	21,46 ^{ns}	0,01	44,3	76,0	8,78
Viav	72,0*	122,9 ^{ns}	88,7 ^{ns}	183,4*	82,5	24,0	91,0	5,04
Invia	71,0*	120,89*	85,7 ^{ns}	180,4*	82,9	24,0	9,0	4,01
----- Plantas e sementes de soja -----								
NVPP	355,5 ^{ns}	487,7 ^{ns}	736,0 ^{ns}	106,8 ^{ns}	1114,5 ^{ns}	287,0	59,0	28,95
NGPP	826,9 ^{ns}	1118,0 ^{ns}	5709,5*	480,3 ^{ns}	5212,0 ^{ns}	1048,0	114,0	28,47
MMG	21,2 ^{ns}	253,9*	166,4*	482,7*	3,9 ^{ns}	24,4	152,7	3,23
Prod	17683,9 ^{ns}	7964,9 ^{ns}	121849,5*	58129,6*	21284,8 ^{ns}	8334,8	1041,7	8,76
CE	49,9 ^{ns}	52314,9*	66399,9*	8416,1*	11159,2 ^{ns}	1682,3	1461,0	2,80
PCG	186,9 ^{ns}	134,2 ^{ns}	86,2 ^{ns}	464,8*	131,0 ^{ns}	57,0	54,0	14,03
G(%)	186,9 ^{ns}	113,5 ^{ns}	136,2 ^{ns}	613,4*	175,4 ^{ns}	56,5	63,0	11,85
Anormais	32,0 ^{ns}	8,22 ^{ns}	12,7 ^{ns}	36,7 ^{ns}	5,9 ^{ns}	28,8	9,0	38,08
Mortas	64,2 ^{ns}	152,7 ^{ns}	141,5 ^{ns}	350,0*	240,2 ^{ns}	44,6	27,0	24,44
Vigor	10,9 ^{ns}	181,5*	122,9*	2651,5*	12,8 ^{ns}	27,2	46,0	11,22
GL	1	2	2	1	-	12	-	-

* NPL = número de plantas de leiteiro; NRL = número de ramos de leiteiro; NSL = número de sementes de leiteiro; PCG = primeira contagem; G(%) = germinação; NVPP = número de vagens por planta; NGPP = número de grãos por planta; MMG = massa de mil grãos; Prod = produtividade; CE = condutividade elétrica; GL = graus de liberdade. Capítulo I - Experimento II.

Anexo G. Resumo da análise de variância da qualidade fisiológica em sementes de *E. heterophylla* L. sob diferentes tratamentos com hormônios e manejo da soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

----- Safra 19/20 -----							
	Manejo (M)	Hormônios (H)	H x M	Bloco	Erro	CV (%)	Média
PCG	0,031 ^{ns}	39,615 ^{ns}	69,70 ^{ns}	-	40,115	7,27	87,00
G(%)	52,53*	6,11 ^{ns}	8,11 ^{ns}	-	7,65	2,94	94,00
PSV	0,12 ^{ns}	7,70 ^{ns}	4,87 ^{ns}	-	5,08	76,75	2,93
PSI	50,00*	3,00 ^{ns}	1,66 ^{ns}	-	1,83	45,13	3,00
----- Safra 20/21 -----							
Plantas m ²	0,69 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,64	51,20	1,56
PCG	3,12 ^{ns}	110,12*	55,79 ^{ns}	-	23,62	6,07	80,06
G(%)	8,00 ^{ns}	113,50*	85,00*	-	23,50	5,92	81,87
PSV	55,12 ^{ns}	142,45*	23,79 ^{ns}	-	16,62	34,89	11,68
PSI	24,50 ^{ns}	8,33 ^{ns}	1,50 ^{ns}	-	6,33	91,51	2,75
GL	1	3	3	3	21	-	-

* significativo a 5%; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. PSV = percentual de sementes viáveis (%); PSI = percentual de sementes inviáveis. Capítulo I - Experimento III.

Anexo H. Resumo da análise de variância para os aspectos produtivos e da qualidade fisiológica em sementes de soja sob diferentes tratamentos com hormônios. FAEM/UFPeL, Capão do Leão – RS, 2023.

		----- Quadrado médio -----				
		Hormônios	Bloco	Erro	CV (%)	Média
Safr 19/20	NVPP	17,685 ^{ns}	47,080 ^{ns}	21,513	14,74	31,00
	NSPP	116,61 ^{ns}	229,63 ^{ns}	103,32	15,73	65,00
	Produtiv	146466,0 ^{ns}	1234481 ^{ns}	246327,00	16,20	2919,83
	PCG	2,50 ^{ns}	68,50 ^{ns}	26,33	5,72	90,00
	G(%)	3,75 ^{ns}	6,08 ^{ns}	4,69	2,27	95,00
	Envelhecimento	22,06 ^{ns}	107,39 ^{ns}	30,89	7,39	75,00
	Emergência	119,83 ^{ns}	87,17 ^{ns}	50,89	8,78	81,00
	MMG	415,37 ^{ns}	237,66 ^{ns}	362,50	9,74	195,38
	CE	6762,74*	40,2 ^{ns}	1214,4	3,63	958,99
Safr 20/21	NVPP	76,62 ^{ns}	114,44 ^{ns}	88,63	20,16	46,70
	NSPP	324,15 ^{ns}	591,95 ^{ns}	481,89	22,67	97,00
	Produtiv	82764,26 ^{ns}	80314,13 ^{ns}	91449,86	10,36	3063,55
	PCG	297,00*	126,28 ^{ns}	67,67	12,61	65,00
	G(%)	152,66 ^{ns}	278,55 ^{ns}	36,24	7,77	77,00
	Vigor	174,73 ^{ns}	150,56 ^{ns}	39,28	8,87	71,00
	Emergência	101,42 ^{ns}	146,92 ^{ns}	21,19	5,78	80,00
	MMG	4833,9*	0,40 ^{ns}	0,01	0,06	184,72
	CE	12103,55*	205,3 ^{ns}	631,1	3,25	772,26
GL	3	3	9	-	-	

* significativo a 5%; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. NVPP = número de vagens por planta; NSPP = número de sementes por planta; MMG = massa de mil grãos; G(%) = germinação; CE = condutividade elétrica; GL = Grau de liberdade. Capítulo I - Experimento III.

Anexo I. Resumo da análise de variância para os testes em plantas de *E. heterophylla* L. FAEM/UFPeL, Capão do Leão – RS, 2023.

	Hormônio	Bloco	Erro	Média	CV (%)	DMS
NRL	1,61 ^{ns}	12,56 ^{ns}	6,22	4,00	27,55	5,45
NP	6,81 ^{ns}	24,69 ^{ns}	10,49	5,00	70,02	7,07
NSPL	53301,17*	12635,91 ^{ns}	11653,48	177,00	60,88	235,78
PCG	94,80 ^{ns}	-	54,87	73,00	10,19	16,17
G(%)	93,20 ^{ns}	-	30,33	79,00	6,98	12,03
GL	4	-	15	-	-	

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo; NRL= número de ramos laterais; NP = número de plantas; NSPL = número de sementes por planta; PCG = primeira contagem de germinação; G(%) = percentual de germinação; GL = graus de liberdade. Capítulo I - Experimento V.

Anexo J. Resumo da análise de variância para os testes em plantas e sementes de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

	TRATAM	Bloco	Erro	Média	CV (%)	DMS
NVPP	233,15 ^{ns}	114,31 ^{ns}	158,42	46,00	27,37	35,51
NSP	543,27 ^{ns}	454,39 ^{ns}	733,12	91,00	29,67	76,40
MMG	470,46*	272,51 ^{ns}	58,97	195,96	3,92	21,67
Produtividade	32117,44 ^{ns}	51663,81 ^{ns}	9779,43	897,57	11,02	279,03
CE μ S	87844,4*	3895,1 ^{ns}	567,5	1578,1	1,51	67,21
PCG	189,7*	6,7 ^{ns}	41,3	54,0	11,85	18,14
G(%)	244,7*	20,3 ^{ns}	38,3	65,0	9,57	17,4
Anormais	28,4*	9,85 ^{ns}	3,2	9,0	20,0	5,05
Mortas	135,1 ^{ns}	58,4 ^{ns}	47,1	26,0	26,0	19,35
Vigor	502,3*	20,3 ^{ns}	26,3	51,0	9,9	14,46
GL	4	2	8	-	-	

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; GL = graus de liberdade; NRL = número de ramos laterais; NSP = número de sementes por planta de leiteiro; CE μ S = condutividade elétrica; G(%) = percentual de germinação; PCG = primeira contagem de germinação. Capítulo I - Experimento V.

Anexo K. Resumo da análise de variância para as análises realizadas em sementes e plantas de *E. heterophylla* L. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2023.

	----- Quadrado médio -----					
	Tempo	Concentração	T x C	Erro	Média	CV (%)
PCG	40,3 ^{ns}	1149,6*	119,7*	15,4	21,0	18,9
G(%)	80,1 ^{ns}	1710,7*	143,5*	24,1	33,0	15,0
Anormais	0,3 ^{ns}	1070,6*	137,5 ^{ns}	66,3	19,0	43,4
Viáveis	108,0*	27,8 ^{ns}	22,1 ^{ns}	11,4	20,0	16,8
Inviáveis	31,7*	6,7*	7,3 ^{ns}	1,9	4,0	32,7
CRAIZ	0,1 ^{ns}	32,4*	0,5 ^{ns}	0,6	1,7	44,6
CTOTAL	0,6 ^{ns}	100,8*	0,5 ^{ns}	1,1	3,3	31,5
MSECA	236,4 ^{ns}	113,9 ^{ns}	182,9 ^{ns}	81,0	34,9	25,8
GL	11	36		-	-	

* Significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) pelo teste F. GL = graus de liberdade; PCG = primeira contagem de germinação; CRAIZ = comprimento da raiz primária; CTOTAL = comprimento total da plântula; MSECA = massa seca das plântulas. Capítulo II - Experimento I.

Anexo L. Resumo da análise de variância para as avaliações realizadas com plantas e sementes de *Euphorbia heterophylla* L. obtidas em diferentes pontos de coleta na colheiteira. FAEM/UFPeI, Capão do Leão – RS, 2022.

	Saída (S)	População (P)	S x P	Erro	Média	CV(%)
NSL	6529669,8*	2677334,0*	2174311,1*	128812,9	632,0	56,82
G(%)	8,6 ^{ns}	54,0 ^{ns}	8,0 ^{ns}	7,4	54,0	5,08
GL	2	1	2	18	-	-

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo ($p > 0,05$); NSL = número de sementes de leiteiro; GL = graus de liberdade. Capítulo II - Experimento II.

Anexo M. Resumo da análise de variância para as variáveis primeira contagem (PCG, %), germinação (G, %), sementes viáveis e inviáveis no teste de germinação e para o comprimento de parte aérea (CPA) e da raiz principal (CRAD) em sementes de *Leiteiro* submetidas a três hormônios e diferentes doses. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

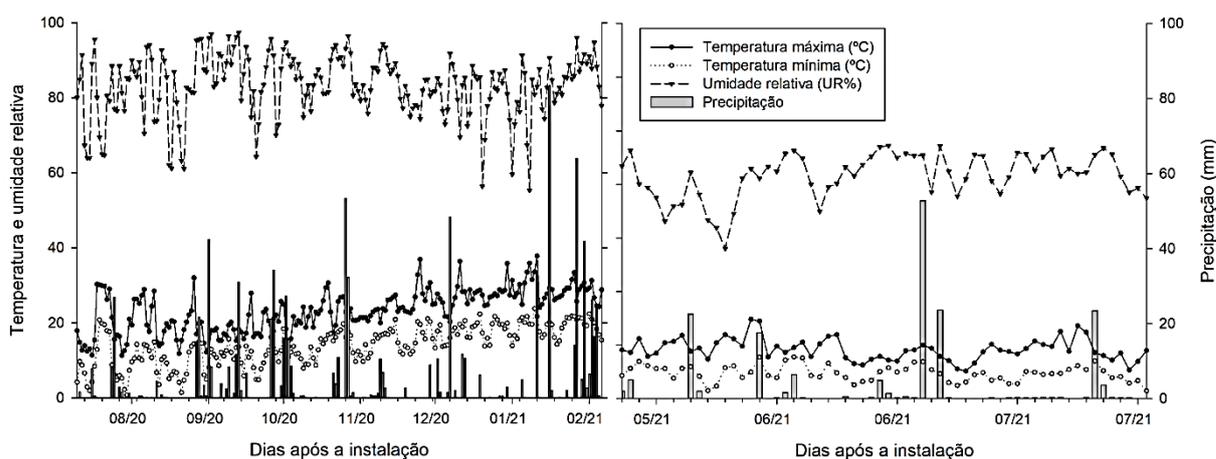
----- Quadrado médio -----						
	Hormônios	Concentração	H x C	Erro	Média	CV (%)
PCG	5901,67*	5621,17*	636,67*	39,75	22,16	28,44
G (%)	27897,15*	2320,14*	1803,51*	16,71	59,73	6,84
Viáveis	18652,45*	2852,91*	2463,55*	13,95	71,40	5,23
Inviáveis	18653,85*	3933,44*	2463,64*	13,62	28,49	12,95
CPA	5,24*	44,06*	1,25*	0,28	1,23	43,45
CRAD	5,11*	36,37*	0,45 ^{ns}	0,66	1,22	66,36
GL	2	4	8	45	-	-

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. Capítulo III - Experimento I.

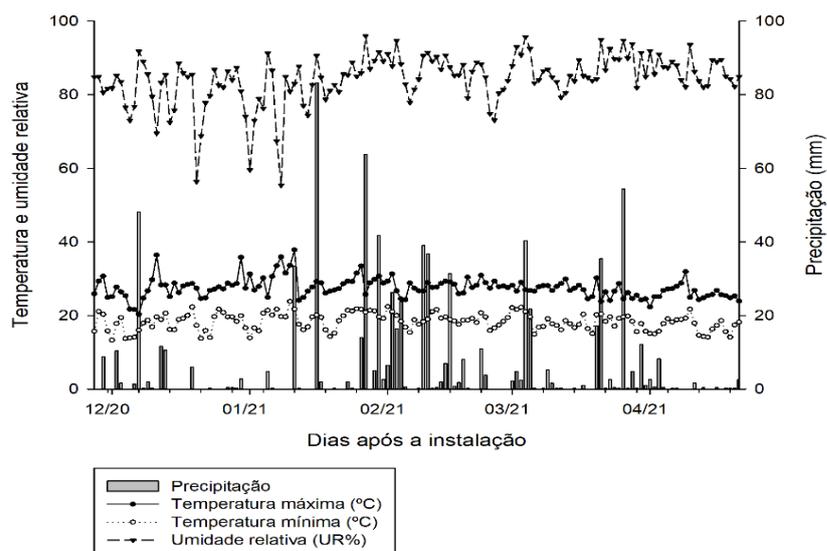
Anexo N. Resumo da análise de variância para os fatores analisados em sementes de *E. heterophylla* L. sob diferentes concentrações de Cianamida Hidrogenada aplicado em pré-emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2023.

	Dose	Bloco	Erro	Média	CV(%)
Emergência	253,75 ^{ns}	380,65	175,65	31,0	43,28
Estatura	314,05*	164,24	107,41	35,33	29,33
Nramos	15,42 ^{ns}	11,37	8,27	5,0	55,02
Nsemente	8407,50 ^{ns}	14569,46	11494,73	169,0	63,49
GL	5	7	35	-	-
PCG	178,16 ^{ns}	-	88,72	82,00	11,43
G(%)	150,80 ^{ns}	-	81,66	84,00	10,76
Anormal	0,70 ^{ns}	-	0,38	0,25	249,44
Viáveis	9,50 ^{ns}	-	4,16	2,0	90,72
Inviáveis	67,36*	-	14,83	6,58	58,5
GL	5	-	18	-	-

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo; GL = graus de liberdade. Capítulo III - Experimento II.



Anexo O. Dados climáticos durante o período de condução dos experimentos com plantas de cobertura e longevidade em sementes de *E. heterophylla* L. Capítulo IV.



Anexo P. Variação climática durante a condução do experimento com *Euphorbia heterophylla* L., avaliando fontes e níveis de N aplicado sobre o solo e manejo do solo durante o inverno. Capão do Leão – RS, UFPel, 2023. Capítulo IV - Experimento II.

Anexo Q – Resumo da análise de variância para as avaliações realizadas em plantas de *Euphorbia heterophylla* L e soja sob diferentes tipos de cobertura de solo. FAEM/UFPEL, Capão do Leão – RS, 2023.

Época DAE		TRAT	Bloco	Erro	Média	CV(%)
----- Sementes de <i>Euphorbia heterophylla</i> L. -----						
180	MSPC	34,33*	0,67 ^{ns}	0,89	2,78	33,96
360	MSPC	3,82*	0,07 ^{ns}	0,10	0,93	33,84
180	SR _s	1697,58 ^{ns}	593,05 ^{ns}	273,05	51,00	32,29
	NFPP	19,10 ^{ns}	13,28 ^{ns}	10,06	3,59	38,13
	MS _s	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,11	0,18	82,98
	CTotal	177,78 ^{ns}	193,93 ^{ns}	68,53	10,62	77,96
90	EAQ	0,56 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,56	1,00	57,14
280	EAQ	343,42 ^{ns}	233,75 ^{ns}	399,80	27,00	73,71
360	EAQ	68,23 ^{ns}	335,23 ^{ns}	169,01	13,70	64,98
360	SR _s	3548,03*	288,75 ^{ns}	141,11	40,00	29,43
	SR _q	1,87 ^{ns}	64,03 ^{ns}	12,99	6,00	39,84
180	PCG _s	110,21 ^{ns}	155,83 ^{ns}	162,23	91,00	13,97
	G(%) _s	85,69 ^{ns}	127,67 ^{ns}	114,19	93,00	11,45
	Viáveis _s	6,68 ^{ns}	2,29 ^{ns}	1,07	1,00	48,32
	Inviáveis _s	78,04 ^{ns}	124,26 ^{ns}	96,65	5,00	49,95
360	PCG _s	79,21 ^{ns}	43,21 ^{ns}	27,83	93,00	5,66
	G(%) _s	92,31 ^{ns}	39,20 ^{ns}	26,28	94,00	5,47
	Viáveis _s	96,36 ^{ns}	37,38 ^{ns}	25,96	94,00	5,42
	Inviáveis _s	16,77*	0,39 ^{ns}	0,37	1,00	46,67
360	PCG _q	736,77 ^{ns}	1150,73 ^{ns}	429,57	68,00	30,69
	G(%) _s	629,92 ^{ns}	915,85 ^{ns}	389,94	69,00	28,34
	Viáveis _q	14,03 ^{ns}	36,85 ^{ns}	22,37	97,00	4,87
	Inviáveis _q	14,00 ^{ns}	36,00 ^{ns}	22,47	2,91	42,22
----- Sementes de soja -----						
280	MMG	418,1*	0,001 ^{ns}	0,001	190,03	0,05
	PROD	325736,35 ^{ns}	191650,73 ^{ns}	747590,19	3384,05	25,55
	PCG	66,92 ^{ns}	32,25 ^{ns}	20,69	60,00	7,57
	G(%)	72,76 ^{ns}	103,33 ^{ns}	35,11	70,00	8,40
	Vigor	83,00 ^{ns}	8,33 ^{ns}	38,77	44,0	14,23
	CE	144617,80*	6022,35 ^{ns}	5283,82	842,90	8,62
	TA (%)	2,32*	0,005 ^{ns}	0,005	12,66	0,58
	Emerg	72,66 ^{ns}	103,33 ^{ns}	35,11	70,0	8,53
GL		3	3	9	-	-

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Emergência acumulada nos quadros (EAQ, 0,25m²); Massa seca das plantas de cobertura (MSPC), Massa seca das plantas germinadas nos saquinhos (MSS1), sementes remanescentes dos saquinhos e nos quadros (SR_s e SR_q), número de folhas, massa seca e comprimento total das plantas que emergiram a partir dos saquinhos (NFPP, MSS e CTotal, respectivamente) e primeira contagem de germinação nos saquinhos e nos quadros (PCG_s e PCG_q, respectivamente), germinação (Germ_s e Germ_q, respectivamente), sementes viáveis (Viáveis), sementes inviáveis (Inviáveis) nos saquinhos e nos quadros, em sementes de *E. heterophylla* L. aos 180 e 360 dias após o enterrio e aos 360 dias na superfície e massa de mil grãos, produtividade, vigor e condutividade elétrica (CE) (MMG e PROD, respectivamente) e teor de água (TA%) para as avaliações em sementes de soja. GL = grau de liberdade. Capítulo IV - Experimento I.

Anexo R. Resumo da análise de variância para as variáveis analisadas em plantas de *E. heterophylla* L. e em sementes de soja em função de diferentes fontes de N, níveis de nitrogênio e manejo do solo. FAEM/UFPeL, Capão do Leão – RS, 2023.

	NPL90	NPL280	NPL360	PMS	PROD	CE	GL
Bloco	7,47	8,60	3,27	268,20*	15450,86 ^{ns}	10331,93 ^{ns}	2
Manejo (M)	13,07 ^{ns}	5,40 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1454,58*	1763815,87*	2,46 ^{ns}	1
Erro (a)	4,27	7,40	2,06	2,70	19333,00	10332,00	2
CV(a)	221,30	302,3	215,6	1,00	5,60	0,50	-
Fonte (F)	0,27 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,27 ^{ns}	835,80*	5418002,98*	29025,04 ^{ns}	1
M x F	1,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,40 ^{ns}	5,90 ^{ns}	401117,83 ^{ns}	0,006 ^{ns}	1
Erro (b)	2,66	1,87	0,93	11,14	176054	1152,00	4
CV(b)	175,00	151,80	144,90	2,00	16,90	4,50	-
Nível (N)	13,93*	17,10*	4,17*	1227,30*	1621318,37*	64926,04*	4
N x M	8,06*	4,57 ^{ns}	0,23*	3,80 ^{ns}	313820,78 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4
N x F	0,93 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,43 ^{ns}	1427,80*	1006983,49*	28030,07*	4
N x M x F	1,73 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,57 ^{ns}	2,00 ^{ns}	692243,65*	0,07 ^{ns}	4
Erro (c)	1,76	2,85	0,80	3,80	147273	7061,00	32
CV(c)	142,40	187,60	134,20	1,10	15,50	11,30	-
Média	0,93	0,90	0,66	16,47	2478,72	746,87	-
Total							59

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo. GL = graus de liberdade.

Capítulo IV - Experimento II.

Anexo S. Resumo da análise de variância para as avaliações em sementes de soja sob diferentes fontes de N, níveis de N e manejo de solo. FAEM/UFPeL, Capão do Leão – RS, 2023.

	PCG	GERM	ANOR	MORT	VIGOR	GL
Manejo (M)	5,40 ^{ns}	38,40 ^{ns}	46,82*	194,40*	21,60 ^{ns}	1
Erro (a)	44,45	19,40	8,31	6,95	82,40	2
CV(a)	10,60	5,90	31,20	17,70	17,10	-
Fonte (F)	13,07 ^{ns}	13,07*	14,01*	15,00*	60,00*	1
M x F	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1
Erro (b)	0,12	0,23	0,06	0,50	0,01	4
CV(b)	0,50	0,60	2,80	4,70	0,10	-
Nível (N)	828,56*	725,93*	76,45*	544,64*	727,60*	4
N x M	180,11*	244,07*	50,69*	211,52*	207,60*	4
N x F	0,03 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4
N x M x F	0,11 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4
Erro (c)	69,61	79,81	12,21	75,44	8,70	32
CV(c)	13,30	12,00	37,80	58,30	5,60	-
Média	62,93	74,60	9,25	14,90	53,06	-
Total						59

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Capítulo IV - Experimento II.