



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

VICTOR VOLANTE GARCIA

**INTERFERÊNCIA DE PALHA E DE CHUVAS APÓS
PULVERIZAÇÃO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES**

Londrina
2023

VICTOR VOLANTE GARCIA

**INTERFERÊNCIA DE PALHA E DE CHUVAS APÓS
PULVERIZAÇÃO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como avaliação parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Giliardi Dalazen.

Londrina
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Garcia, Victor Volante.

Interferência de palha e de chuvas após pulverização de herbicidas pré-emergentes / Victor Volante Garcia. - Londrina, 2023.

52 f. : il.

Orientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva. Coorientador: Giliardi Dalazen.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Plantas daninhas - Tese. 2. Pré-emergentes - Tese. 3. Palha - Tese. 4. Chuva - Tese. I. Silva, Marcelo Augusto de Aguiar e. II. Dalazen, Giliardi. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

VICTOR VOLANTE GARCIA

**INTERFERÊNCIA DE PALHA E DE CHUVAS APÓS
PULVERIZAÇÃO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como avaliação parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Coorientador: Prof. Dr. Giliardi Dalazen
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dra. Ana Ligia Giraldeli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dra. Neriane Hijano
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 28 de agosto de 2023.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder forças e saúde para superar todas as dificuldades e alcançar os objetivos almejados.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva pelos ensinamentos, apoio, dedicação e amizade.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Giliardi Dalazen pela dedicação, disponibilidade, simplicidade, parceria, companheirismo e exemplo de profissional a ser seguido.

Ao Prof. Dr. Claudemir Zucareli por ter me incentivado a seguir na carreira de pesquisador, transmitindo seu conhecimento, orientação e suporte em todas as situações.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Fazenda Escola da UEL e ao IDR-Paraná pela estrutura disponibilizada a realização e desenvolvimento dos trabalhos.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade e considerações.

A todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

Muito obrigado!

GARCIA, Victor Volante. **Interferência de palha e de chuvas após pulverização de herbicidas pré-emergentes**. 2023. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

Com a ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas comumente utilizados faz-se necessária a busca por alternativas, incluindo os pré-emergentes. Contudo, a eficácia de pré-emergentes depende de fatores como volume de palha na superfície e ocorrência de chuvas após a aplicação, que também podem afetar a dinâmica da emergência de plantas daninhas. O objetivo com este trabalho foi avaliar o controle de plantas daninhas com os herbicidas piroxasulfona + flumioxazina, imazetapir + flumioxazina e sulfentrazone + diuron em diferentes massas de palha e volumes simulados de chuva após a aplicação. Foram conduzidos dois experimentos em campo na safra de verão de 2021/22 e repetidos na safra 2022/23. O primeiro foi com três massas de palha de capim dictyoneura (0, 3000 e 6000 kg ha⁻¹) e três formulações comerciais de herbicidas pré-emergentes (120 g ha⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha⁻¹ flumioxazina, 120 g ha⁻¹ imazetapir + 60 g ha⁻¹ flumioxazina e 245 g ha⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha⁻¹ diuron), além de testemunha sem aplicação. O segundo experimento foi conduzido com três volumes de chuva (0, 20 e 40 mm) após a aplicação das três formulações comerciais de herbicidas utilizadas no experimento anterior, além de testemunha sem aplicação. Os experimentos foram organizados em esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. Foi avaliado o controle das plantas daninhas, a temperatura do solo e a umidade do solo. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (p<0,05) e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o primeiro experimento o aumento no volume de palha reduziu a emergência de plantas daninhas. Independentemente do volume de palha, todos os herbicidas foram eficientes no controle de plantas daninhas, diferindo do tratamento testemunha. O aumento do volume de palha reduziu a temperatura e aumentou a umidade do solo. Para o segundo experimento os diferentes volumes simulados de chuva não interferiram na emergência das plantas daninhas e os herbicidas testados exerceram controle de maneira equivalente entre si, diferindo da testemunha sem aplicação. Conclui-se que a palha na superfície do solo exerce efeito supressor de plantas daninhas. Conclui-se também que os herbicidas pré-emergentes piroxasulfona + flumioxazina, imazetapir + flumioxazina e sulfentrazone + diuron são efetivos mesmo quando pulverizados sobre 6000 kg ha⁻¹ de palha e com posterior chuva de 40 mm.

Palavras-chave: Cobertura do solo. Dessecação. Índice pluviométrico. Plantas daninhas. Pré-semeadura.

GARCIA, Victor Volante. **Straw and rainfall interference after spraying pre-emergent herbicides**. 2023. 52 p. Dissertation (Agronomy Master's Degree) – State University of Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

By the occurrence of weed resistant biotypes to commonly used herbicides, it is necessary to search for alternatives, including pre-emerging ones. However, the pre-emergence effectiveness depends on factors such as straw volume on the surface and rainfall after application, which can also affect the weed emergence dynamics. The objective of this work was to evaluate weed control with the herbicides pyroxasulfone + flumioxazin, imazethapyr + flumioxazin and sulfentrazone + diuron in different straw masses and simulated rainfall volumes after application. Two field experiments were carried out in the 2021/22 summer season and repeated in 2022/23 season. The first was with three masses of dictyoneura grass straw (0, 3000 and 6000 kg ha⁻¹) and three commercial formulations of pre-emergent herbicides (120 g ha⁻¹ pyroxasulfone + 80 g ha⁻¹ flumioxazina, 120 g ha⁻¹ imazethapyr + 60 g ha⁻¹ flumioxazina e 245 g ha⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha⁻¹ diuron), in addition to a control without application. The second experiment was conducted with three rain volumes (0, 20 and 40 mm) after the application of three commercial herbicides formulations used in the previous experiment, in addition to a control without application. Weed control, soil temperature and soil moisture were evaluated. Collected data were subjected to variance analysis ($p < 0,05$) and compared using Tukey's test at 5% probability. For the first experiment, the straw volume increase reduced weed emergence. Regardless of straw volume, all herbicides were efficient in weeds controlling, differing from control treatment. Increasing straw volume reduced temperature and increased soil moisture. For the second experiment, the different simulated rain volumes did not interfere at the weeds emergence and the tested herbicides exerted control in an equivalent way among themselves, differing from the control without application. It is concluded that straw on the soil surface exerts a suppressive effect on weeds. It is also concluded that the pre-emergent herbicides pyroxasulfone + flumioxazin, imazethapyr + flumioxazin and sulfentrazone + diuron are effective even when sprayed on 6000 kg ha⁻¹ of straw and with subsequent 40 mm rainfall.

Keywords: Soil cover. Desiccation. Rainfall index. Weeds. Pre-sowing.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	A CULTURA DA SOJA	9
2.2	CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS	10
2.3	USO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES	12
2.4	PALHA NO SOLO	15
2.5	INFLUÊNCIA DAS CHUVAS	16
2.6	REFERÊNCIAS.....	18
3	ARTIGO A - INTERFERÊNCIA DE VOLUMES DE PALHA SOBRE A EFICÁCIA DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES	22
3.1	INTRODUÇÃO.....	23
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.2.1	EXPERIMENTOS COM DIFERENTES MASSAS DE PALHA	Error!
	Bookmark not defined.	
3.2.2	AVALIAÇÕES	26
3.2.3	ANÁLISE DOS DADOS	26
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.4	CONCLUSÃO	35
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
4	ARTIGO B - IMPACTO DE DIFERENTES VOLUMES DE CHUVA SIMULADA APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES	39
4.1	INTRODUÇÃO.....	40
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.2.1	EXPERIMENTOS COM DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA.....	41
4.2.2	AVALIAÇÕES	43
4.2.3	ANÁLISE DOS DADOS	43
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.4	CONCLUSÃO	500
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	522

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o aumento da produtividade da soja ocorreu de forma consistente. No entanto, a eficiência agrônômica é fator relevante para a competitividade da cultura. O manejo fitossanitário é imprescindível para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. A minimização de perdas de produtividade e qualidade de grãos é cada vez mais justificada com a valorização da *commodity* no mercado internacional.

Desde a grande até a pequena escala de produção é exigido o Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD). A utilização dos métodos preventivos, mecânico, físico, cultural e químico são essenciais para o controle assertivo das plantas indesejáveis. A presença dessas plantas atrapalha a meta de atingir alta produtividade, uma vez que a ausência de controle pode comprometer em mais de 70% a produtividade das culturas.

O aumento da produtividade também decorre de alterações no sistema de cultivo. Nos primórdios da produção de soja a semeadura era feita quase que de forma exclusiva em solo revolvido, o que gerava boa eficácia de herbicidas que funcionam melhor quando incorporados no solo, como a trifluralina. Contudo, a adoção da prática de plantio direto e mínimo revolvimento do solo foi amplamente aceita pelos produtores, dados os benefícios desse sistema. Com a introdução da tecnologia da soja Roundup Ready® (RR) foi possível a aplicação do glifosato de forma seletiva em pós-emergência da cultura. Essas novas práticas foram adotadas em larga escala, tanto em aplicações durante o ciclo, quanto na dessecação em pré-semeadura.

A grande taxa de adoção dos cultivos RR levou ao aumento da utilização de glifosato, de forma inadequada, o que resultou na seleção de plantas daninhas resistentes. Com isso, tornou-se ainda mais necessária a utilização de variadas práticas de manejo em conjunto, assim como a diversificação dos mecanismos de ação dos herbicidas, incluindo herbicidas pré-emergentes. Contudo, a eficácia de herbicidas pré-emergentes depende de alguns fatores, incluindo a transposição da camada de palha e a necessidade de umidade do solo. O controle em pré-emergência preconiza que tenha umidade suficiente no solo para que o herbicida pulverizado exerça sua atividade através da embebição de água pelas sementes ou pela absorção radicular.

Por outro lado, herbicidas pré-emergentes podem ser lixiviados no solo quando ocorrem chuvas intensas. A mobilidade dos pré-emergentes no solo é caracterizada de acordo com as particularidades de cada herbicida, sendo determinada pela solubilidade em água e lipofilicidade. O processo de dissipação e degradação da molécula herbicida no solo é dinâmico e único para cada interação, sendo o tipo de solo e as características ambientais determinantes na eficiência de controle. A persistência da molécula é influenciada pela sorção aos colóides, pela degradação dos microrganismos e pelas condições ambientais.

Aplicações em sistema de plantio direto, em pré-semeadura da cultura, dificultam o contato das gotas pulverizadas com o alvo. A palha presente na área impede o contato do herbicida com o solo, especialmente em condições de seca, somada à utilização de herbicidas com baixa solubilidade em água e elevada lipofilicidade, que limitam sua transposição pela palha. Mesmo que consiga atingir o solo, muitas vezes o produto fica posicionado na camada superficial, enquanto as sementes das plantas daninhas estão em profundidade, podendo, assim que expostas a condições ambientais adequadas, germinar e emergir.

Períodos prolongados de seca, alta incidência solar e baixa umidade do solo influenciam na atividade pré-emergente dos herbicidas por sofrerem fotodegradação, podendo resultar em eficácia insatisfatória no controle das plantas alvo. A cobertura com palha pode aumentar a retenção dos produtos aplicados, causando volatilização, degradação térmica e fotólise. A mobilidade do herbicida no solo é dependente de fatores como quantidade de palha, composição da matéria orgânica, características dos produtos, condições meteorológicas e ocorrência de chuvas após aplicação.

As chuvas em volume adequado após pulverizações de herbicidas pré-emergentes promovem ganhos no controle das espécies visadas. No entanto, água em excesso pode acarretar lixiviação do produto para camadas mais profundas do solo, abaixo do banco de sementes das plantas daninhas, resultando em baixa eficácia e redução do residual do herbicida.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar o controle de plantas daninhas com os herbicidas piroxasulfona + flumioxazina, imazetapir + flumioxazina e sulfentrazone + diuron em pré-semeadura da cultura da soja com diferentes massas de palha e diferentes volumes simulados de chuva.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max*) é originária da China, espécie pertencente à família Fabaceae (ROCHA *et al.*, 2018). É uma leguminosa de ciclo anual, sendo uma cultura agrícola de importância mundial e, sem dúvida, a principal do agronegócio brasileiro. Essa afirmação é confirmada pelos valores divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento que registrou para a safra 2020/21 uma produção superior a 138,1 milhões de toneladas, cultivados em uma área aproximada de 39,2 milhões de hectares e com produtividade média de 3525 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

A cultura da soja possui grande importância econômica por ser direcionada tanto para consumo animal, quanto para consumo humano (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). No Brasil, a produção tem crescido significativamente e continua em forte expansão devido ao aumento da demanda global, destacada pelas importações chinesas. O Brasil destaca-se como maior produtor mundial de soja, com 36% da produção mundial, seguido dos Estados Unidos da América (34%), Argentina (12%), China (5%) e Índia (3%) (SOYSTATS, 2023). No Brasil o maior produtor é o estado do Mato Grosso, seguido do Paraná e do Rio Grande do Sul, que têm alternado a segunda colocação nas últimas safras (CONAB, 2022).

A rentabilidade da soja no Brasil é dependente das condições climáticas, da logística do transporte, dos estoques, das expectativas de produção nacional e internacional e da variação do real frente ao dólar (CARVALHO; PAVAN; HASEGAWA, 2020). Durante a safra 2020/21, a comercialização foi feita em valores muito altos para a realidade até então, estando o dólar valorizado frente à moeda brasileira por todo o período, resultou em preços superiores a R\$ 150 saca⁻¹ e o grão para exportação, colocado nos portos brasileiros, atingiu picos próximos a R\$ 200 saca⁻¹ (IMEA, 2021). Contudo, a safra de 2022/23 está sendo comercializada por preços menores, na faixa de R\$135,00 saca⁻¹, em resposta ao grande volume colhido, elevados estoques mundiais e redução na taxa de câmbio.

Com a valorização dos preços das *commodity*, em especial da soja, fica cada vez mais justificável o controle fitossanitário da cultura. Os custos de controle das pragas, doenças e plantas daninhas também subiram, porém não na

mesma proporção de comercialização da oleaginosa. Além do que, em 2020 foi banido o uso do herbicida paraquate, devido à reavaliação toxicológica do produto. Essa perda no sistema produtivo influenciou o manejo da dessecação pré-semeadura, pois era uma ferramenta de controle químico de baixo custo e elevada eficácia, por tratar de um herbicida de contato, não seletivo (ANVISA, 2020).

O uso de herbicidas específicos para manejar plantas daninhas resistentes representa grande aumento dos custos (ADEGAS *et al.*, 2017). Por essa razão, muitas vezes o produtor tem receio na tomada de decisão e a planta daninha, que dependendo da espécie já é de difícil controle mesmo em estágios iniciais de desenvolvimento, cresce até estágios que o herbicida não mais consegue exercer algum tipo de controle.

2.2 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas são espécies vegetais indesejáveis no local em que ocorrem, competem por água, luz, nutrientes, gás carbônico e espaço físico (PITELLI, 2015). A interferência na cultura comercial ainda pode ocorrer por hospedar pragas e doenças, por liberar substâncias alelopáticas, além de interferir nos tratos culturais e na operação de colheita (RAMOS *et al.*, 2019).

Características como dormência das sementes e germinação desuniforme são atributos que asseguram a perpetuação das espécies daninhas, ainda, destacando a alta aptidão de competir com as culturas. A elevada capacidade de adaptação ambiental, mesmo em situações de estresse, demonstra que as plantas daninhas possuem eficiência na disseminação de sementes viáveis e eficiência na dispersão, conseguindo manter o banco de sementes elevado após a infestação (HECK *et al.*, 2020).

Além desses caracteres de invasibilidade, algumas plantas daninhas resistentes foram selecionadas. Em 1993 foram relatados os primeiros casos de resistência a herbicidas no Brasil. Algumas populações de picão-preto (*Bidens pilosa*) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) não eram mais controladas por doses comerciais dos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS). Desse período até o início dos anos 2000 ficou caracterizado pela ampla utilização dos inibidores de ALS, assim com o uso repetido desses herbicidas resultou em alta seleção de biótipos resistentes. Em paralelo, os herbicidas inibidores da acetil CoA carboxilase

(ACCase) foram amplamente utilizados para controle de monocotiledôneas e com o passar do tempo também passaram a selecionar biótipos resistentes, como as espécies de capim-colchão (*Digitaria ciliaris*), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) (HEAP, 2023). Nesse mesmo período, também surgiram plantas daninhas resistentes aos inibidores da Protoporfirinogênio Oxidase, como o caso de leiteiro (PROTOX) (HEAP, 2023).

Como alternativa para o controle e manejo dessas espécies resistentes surgiu a possibilidade de culturas tolerantes ao glifosato. O cultivo da soja RR foi aprovado no Brasil em 2005. A introdução dessa soja transgênica, resistente ao herbicida glifosato trouxe facilidade no controle em pós-emergência da cultura, tornando-se motivo de grande aceitação e adoção imediata pelos produtores. A tecnologia RR proporcionou o uso do glifosato para controlar amplo espectro de plantas daninhas, inclusive aquelas resistentes a outros mecanismos de ação (DUKE, 2018).

A partir desse marco, o controle de plantas daninhas passou a ser feito quase que de forma exclusiva pela aplicação de glifosato. Com seu uso contínuo e repetitivo, logo criou-se forte pressão de seleção e novamente casos de resistência de plantas daninhas foram constatados. Atualmente no Brasil existem 11 espécies de plantas daninhas resistentes ao glifosato, incluindo três espécies de buva (*Conyza bonariensis*, *C. canadenses* e *C. sumatrensis*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), capim-pé-de-galinha, azevém (*Lolium multiflorum*), capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*), caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), caruru-gigante (*A. palmeri*), leiteiro e capim-mão-branca (*Chloris elata*) (HEAP, 2023).

Além da resistência ao glifosato, muitas dessas espécies têm apresentado resistência múltipla, ou seja, a outros mecanismos de ação além da EPSPs. O caso mais preocupante é o de *C. sumatrensis* identificado em Assis Chateaubriand, no estado do Paraná, resistente aos inibidores da EPSPs, FSII, FSI, PROTOX e auxinas sintéticas (HEAP, 2023). Portanto, a ocorrência de biótipos resistentes tem gerado a necessidade de mudanças nas estratégias de controle. Assim, a adoção de herbicidas com ação residual, como prática básica para mitigação de resistência e controle eficiente em desenvolvimento inicial, são premissas dos pré-emergentes (BUSI *et al.*, 2020).

2.3 USO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

Os herbicidas pré-emergentes, também conhecidos como herbicidas residuais no solo, controlam o banco de sementes das plantas daninhas e minimizam o fluxo de germinação das espécies infestantes na cultura de interesse. São alternativas de controle químico para diminuir a pressão de seleção de plantas resistentes pelas aplicações repetitivas de determinados herbicidas, principalmente os herbicidas pós-emergentes, já que a rotação de mecanismos de ação é uma premissa para a não seleção de biótipos resistentes (POLLES, 2020).

Os pré-emergentes aplicados no início do desenvolvimento da nova lavoura proporcionam efeito residual prolongado no período crítico de estabelecimento da cultura. Atuam no banco de sementes impedindo novo fluxo de emergência das plantas daninhas. Após o término do efeito residual, a cultura encontra-se em estágio fenológico mais avançado, o que facilita o controle com herbicida pós-emergente, se necessário, por agir em plantas daninhas mais uniformes (SANCHOTENE *et al.*, 2017).

As características físico-químicas das moléculas influenciam no processo de transporte do herbicida pré-emergente no solo. O coeficiente octanol-água (K_{ow}), coeficiente de sorção (K_{oc}) e solubilidade dos produtos interferem na dinâmica do herbicida com o ambiente. O K_{ow} está relacionado à lipofilicidade dos herbicidas e sua capacidade de mistura ao solvente orgânico apolar (octanol) ou polar (água). O valor de K_{ow} representa a capacidade de adsorção das moléculas ao solvente, então quanto maior seu valor, menor a capacidade de absorção devido à baixa afinidade com a água. O K_{oc} indica a força de sorção, que é a tendência de partição do herbicida da fase líquida para a matéria orgânica do solo. A sorção de compostos lipofílicos é muito relacionada à fração orgânica, portanto K_{ow} e K_{oc} apresentam alta correlação (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2008).

Herbicidas polares e hidrofílicos possuem alta solubilidade, portanto são mais disponíveis na solução do solo e mais propensos a transposição da gota pulverizada através da palha que recobre o solo. Essa característica é importante para os herbicidas pré-emergentes aplicados no sistema de plantio direto com palha, pois conferem capacidade ao produto de transpor as barreiras físicas até atingir o alvo (MATOS *et al.*, 2016).

Apesar dos benefícios e das opções existentes, a adoção de

herbicidas pré-emergentes nas culturas de grãos ainda é pouco utilizada no Brasil, devido ao costume na utilização dos pós-emergentes e a aquisição de herbicidas de menor custo, principalmente o glifosato. Dentre os motivos para a baixa utilização, além do custo, podem ser citadas a possibilidade de fitointoxicação inicial da cultura e a necessidade de condições ambientais adequadas para que o efeito seja observado. Com a privação do uso faltam informações sobre eficácia dos pré-emergentes e seletividade das cultivares (CORADIN *et al.*, 2019).

Entre as opções desses herbicidas disponíveis no mercado está a piroxasulfona, classificada nos grupos K3 (HRAC) e 15 (WSSA), que é inibidor da biossíntese de ácidos graxos de cadeia longa. Pertence ao grupo químico dos pirazóis, possui ação seletiva de contato, no qual é dependente de umidade no solo para promover a incorporação do produto na camada superficial favorecendo a eficácia no controle (PRESOTO, 2020). Trata-se de uma molécula de baixa solubilidade em água ($3,49 \text{ mg L}^{-1}$), alta afinidade pela partição lipofílica ($\log K_{ow}$ 3,39) e moderada adsorção a matéria orgânica do solo (Koc 223) (LEWIS *et al.*, 2016).

A flumioxazina é um herbicida seletivo, pré e pós-emergente, utilizado para controlar plantas daninhas em diversas culturas. É classificada nos grupos E (HRAC) e 14 (WSSA), caracterizada pelo mecanismo de ação inibidor da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), pertencente ao grupo químico das N-fenil-ftalimidias, sendo que depende de luz para que ocorra a morte das plantas alvo (MELLO, 2020). Trata-se de uma molécula de baixa solubilidade em água ($0,78 \text{ mg L}^{-1}$), alta afinidade pela partição lipofílica ($\log K_{ow}$ 2,55) e forte adsorção a matéria orgânica do solo (Koc 889) (LEWIS *et al.*, 2016).

O imazetapir é classificado nos grupos B (HRAC) e 2 (WSSA), inibidor da ALS, pertence ao grupo químico das imidazolinonas. Tem eficácia no controle de várias espécies de plantas daninhas, sua seletividade depende da cultura, das condições de pulverização, da época de aplicação, dose, tipo de solo e intervalo de semeadura (PERTILE *et al.*, 2020). É seletivo para cultura da soja, principalmente pelas plantas metabolizarem o herbicida rapidamente em formas não tóxicas. A molécula tem solubilidade em água de 1400 mg L^{-1} , $\log K_{ow}$ de 1,49 e Koc 52 (LEWIS *et al.*, 2016).

A sulfentrazone é classificada nos grupos E (HRAC) e 14 (WSSA), inibidor da PROTOX, pertence ao grupo químico das N-fenil-triazolinonas, com

solubilidade em água de 780 mg L⁻¹, log Kow de 0,99 e Koc 43. É muito utilizado na cultura da cana-de-açúcar, assim como o diuron que é classificado nos grupos C2 (HRAC) e 7 (WSSA), é um inibidor do fotossistema II (FSII), do grupo químico das ureias. Sua solubilidade em água é de 35,6 mg L⁻¹, log Kow de 2,87 e Koc 680 (LEWIS *et al.*, 2016). Esses herbicidas possuem propriedades que os caracterizam como opção de uso também nas culturas de grãos.

Embora esses herbicidas possam ser utilizados em mistura de tanque, nas últimas safras esses ingredientes ativos têm sido disponibilizados em misturas formuladas. São exemplos as misturas de sulfentrazone + diuron, flumioxazina + imazetapir, piroxasulfona + flumioxazina, entre outras. Herbicidas comercializados já em mistura pronta pelas detentoras do produto comercial passam segurança ao uso, pois nesses produtos não ocorrem efeitos adversos na combinação de ingredientes ativos. Por isso, é importante conhecer a interação para cada molécula caso o uso de produtos comerciais distintos seja eventualmente adotado na mesma operação de pulverização, já que informações sobre mistura diretamente no tanque possuem origem incerta e carecem de confiabilidade (RAMOS; ARAÚJO, 2006).

As misturas formuladas de ingredientes ativos têm sido uma forma de compensar a falta de novos ingredientes ativos no mercado. Novos mecanismos de ação de herbicidas demandam tempo para que sejam desenvolvidos e disponibilizados ao mercado. Dessa forma, o que está em evidência são as misturas prontas, numa mesma embalagem, com um nome comercial novo. São ingredientes ativos já conhecidos separadamente, mas apresentados como novidade em formulação. Essas misturas transmitem confiança de uso, pois tiveram seus efeitos em associação previamente estudados, então não devem apresentar problemas de incompatibilidade e antagonismo (OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Com a associação de ingredientes ativos é possível complementar a ação das moléculas, promovidas pela sinergia ou efeito aditivo, tornando o espectro de controle mais abrangente. Mas é importante ressaltar que a associação sem conhecimento das características de cada produto pode resultar em efeitos adversos (GAZZIEIRO, 2015).

A modalidade de aplicação em pré-emergência tem como alvo sementes que estejam no solo, portanto apresentam algumas peculiaridades. Necessita transpor as camadas que recobrem o solo, especialmente a palha gerada

pelo sistema de plantio direto. A palha funciona como barreira de impedimento, para que o produto entre em contato com as sementes das espécies daninhas. Os herbicidas mais propensos à transposição e que tendem a ficar disponíveis na solução do solo são os que possuem alta solubilidade, por apresentarem menor retenção (MATOS *et al.*, 2016).

2.4 PALHA NO SOLO

O sistema de plantio direto é amplamente conhecido pelos seus benefícios no âmbito agrônomo. Sabe-se que esse sistema resulta na proteção e conservação do solo, por manter mais tempo a umidade, aumentar a matéria orgânica, condicionar a estrutura física do solo e proteger contra os processos erosivos. Esse sistema é considerado uma prática conservacionista por proporcionar proteção ao solo e também redução da infestação de plantas daninhas (MARTINS; GONÇALVES; SILVA JR., 2016). No entanto, quando herbicidas pré-emergentes são utilizados para que atuem no banco de sementes, a presença da palha impede que o produto chegue ao alvo, que é o solo, pois este está recoberto (ROMAN *et al.*, 2005).

O herbicida interceptado ao ficar exposto sobre a palha pode sofrer processos de retenção, volatilização, deriva, lixiviação e transformação por degradação química e/ou microbiológica. A interação desses fatores com as condições ambientais pode resultar em baixa disponibilidade das moléculas para absorção, bem como sua persistência no ambiente. Com a presença de cobertura morta e acréscimo do teor de matéria orgânica no solo a tendência dos herbicidas é exercer forte sorção, limitando a sua eficácia (TOFOLI *et al.*, 2009). Quando encontram condições para chegar ao alvo, pode ser que a quantidade necessária exigida da molécula para proporcionar controle satisfatório já não seja mais a adequada (MACIEL; VELINI, 2005).

Normalmente, herbicidas que apresentam maior solubilidade em água e menor Kow possuem menor retenção na palha. Essas características do produto possibilitam serem aplicados mesmo em condições de palha presente na área de pulverização, exigindo menor volume de lâmina de água após a aplicação para entrarem na solução do solo (SILVA; MONQUERO, 2013).

O fator responsável por essa capacidade de transposição do produto

pela palha são as chuvas ou, ainda, a irrigação. O que proporciona a eficácia de controle é o volume de água, bem como o intervalo de ocorrência da primeira chuva ou irrigação após a aplicação. A permanência do herbicida sobre a palha por longos períodos sem precipitação implica em redução nas quantidades carregadas até o solo, portanto baixo nível de controle (MALARDO, 2019).

Um longo período de seca após a aplicação do herbicida pré-emergente pode promover a adsorção da molécula na palha de tal forma que mesmo quando as chuvas voltem em volume adequado não ocorre a reversibilidade do processo de dessorção, ou seja, o deslocamento do herbicida aderido a palha até o solo, reduzindo significativamente a eficácia no controle de plantas daninhas (CLARK *et al.*, 2019).

2.5 INFLUÊNCIA DAS CHUVAS

Condições ambientais que proporcionem umidade ao solo são exigidas, pois muitos herbicidas precisam entrar na solução do solo para atingir as sementes, sendo que a germinação se faz necessária para a atuação de alguns mecanismos de ação. Esses fatores afetam a disponibilidade dos herbicidas para o controle de plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2008).

Herbicidas com alta solubilidade em água possuem menor persistência no ambiente, essas moléculas possuem facilidade de dissipação, acompanhando o fluxo hídrico. A lixiviação é a principal forma de transporte das moléculas herbicidas no solo. Portanto, a lixiviação de maneira controlada é desejável aos herbicidas pré-emergentes para que atinjam o solo em quantidade suficiente e exerçam seu efeito nas camadas superficiais onde encontra-se a maior parte das sementes de plantas daninhas, podendo ser absorvido por elas, garantindo controle eficaz (PRATA *et al.*, 2003).

A transposição do produto pelas barreiras físicas até o solo é dependente das características físico-químicas de cada molécula e do tempo entre a aplicação do herbicida e a ocorrência da primeira chuva, assim como sua intensidade. A água, da chuva ou de irrigação, é a principal via de transporte da molécula até o alvo, principalmente pelos primeiros 20 mm proporcionados pela lâmina de água. No entanto, se a área pulverizada com herbicida ficar exposta por vários dias sem precipitação a molécula pode sofrer degradação, volatilização,

fotodegradação e, ainda, permanecer tão fortemente adsorvida na palha que não mais conseguirá ser remobilizada, mesmo com a retomada das chuvas (SILVA, 2018).

A aplicação de pré-emergentes em época úmida proporciona bom controle das plantas daninhas, pois a umidade do solo e o intenso metabolismo das plantas favorecem a absorção dos produtos. Contudo, a dessecação em pré-semeadura da cultura da soja, em algumas regiões, ocorre em época seca. A primeira chuva no ambiente, após aplicação do herbicida, irá exercer grande influência no deslocamento do produto no perfil do solo (CAVENAGHI *et al.*, 2007).

Para vários herbicidas, sua permanência fora do alvo por longos períodos sem umidade implica em reduções nas quantidades das moléculas carregadas até o solo e, conseqüentemente, em menor eficácia no controle das plantas daninhas. Além das características de cada molécula, a quantidade, o tipo de formulação e o período sem chuva após aplicação influenciam sua mobilidade no ambiente. Este é um conhecimento que possibilita explicar o sucesso ou fracasso do manejo de plantas daninhas, persistência no ambiente e tolerância das culturas (MALARDO, 2019).

A necessidade de estudos que avaliem novas alternativas de controle químico para plantas daninhas na dessecação pré-semeadura da cultura da soja envolve, impreterivelmente, os herbicidas com características pré-emergentes. Para isso, os pressupostos de diferentes massas de palha e de diferentes volumes de chuvas após aplicação dos herbicidas são relevantes na dinâmica das moléculas no ambiente e como esse comportamento afeta o controle das plantas daninhas (SILVA *et al.*, 2020).

Diante do exposto, uma recomendação adequada de alta eficácia e ambientalmente segura faz parte da proposta deste trabalho. Faz parte desse estudo a avaliação de diferentes volumes de palha e a simulação da ocorrência de diferentes volumes de chuva após a aplicação de misturas formuladas de herbicidas pré-emergentes.

2.6 REFERÊNCIAS

ADEGAS, Fernando Storniolo; VARGAS, Leandro; KARAM, Décio; GAZZIEIRO, Dionísio Luiz Pisa. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina - PR: Embrapa Soja, 2017. 12 p.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Proibição do Paraquate é atualizada**. 2020. Available at: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/paraquate-regras-para-uso-do-estoque-remanescente>>. Accessed on: 7 Jul 2021.

BUSI, Roberto; POWLES, Stephen B.; BECKIE, Hugh J.; RENTON, Michael. Rotations and mixtures of soil-applied herbicides delay resistance. **Pest Management Science**, vol. 76, no. 2, p. 487-496, 2020. <https://doi.org/10.1002/ps.5534>.

CARVALHO, João Carlos de; PAVAN, Lucca Simeoni; HASEGAWA, Marcos Minoru. Transmissões de volatilidade de preços entre Commodities agrícolas brasileiras. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 58, no. 3, 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.193763>.

CAVENAGHI, A.L.; ROSSI, C.V.S.; NEGRISOLI, E.; COSTA, E.A.D.; VELINI, E.D.; TOLEDO, R.E.B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, vol. 4, p. 831-837, 2007. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000400020>.

CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob; OVEJERO, Ramiro Fernando López; DAMIN, Virginia; CARVALHO, Saul Jorge Pinto de; NICOLAI, Marcelo. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. 1 ed., Piracicaba - SP: Basf, 2008. 90 p.

CLARK, Shannon L.; SILVA, Paulo V. da; DAYAN, Franck E.; NISSEN, Scott J.; SEBASTIAN, Derek J. The influence of winter annual grass litter on herbicide availability. **Weed Science**, vol. 67, no. 6, p. 702-709, 2019. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.45>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Grãos - Safra 2020/21 - 10º levantamento**. 2022. Available at: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Accessed on: 7 Jul 2022.

CORADIN, Jhonatan; BRAZ, Guilherme Braga Pereira; MACHADO, Fellipe Goulart; SILVA, Alessandro Guerra da; SOUSA, João Vitor Alves de. Herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de milho voluntário e capim-amargoso. **Revista Científica Rural**, vol. 21, no. 3, p. 28-38, 2019. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2785>.

DUKE, Stephen O. The history and current status of glyphosate. **Pest Management Science**, vol. 74, no. 5, p. 1027-1034, 2018. <https://doi.org/10.1002/ps.4652>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 5 ed., Brasília - DF: Embrapa Solos, 2018, 356 p.

GAZZIEIRO, Dionísio Luiz Pisa. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, vol. 33, no. 1, p. 83-92, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000100010>.

HECK, Tamara; CINELLI, Rafaela; POLITO, Rubens Antonio; RIBAS, Júlia Loss; BAGNARA, Felipe; HAHN, Alisson Matias; NUNES, Anderson Luis. A importância dos herbicidas residuais no controle da tiririca. **Brazilian Journal of Development**, vol. 6, no. 9, p. 65147-65163, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-084>.

HIRAKURI, M.; LAZZAROTTO, J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. 1 ed., Londrina - PR: Embrapa Soja, 2014. 37 p.

IMEA - Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Boletim Semanal - Soja 05/04/2021**. 2021. Available at: <<https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalle?c=4&s=2>>. Accessed on: 3 May 2021.

LEWIS, Kathleen A.; TZILIVAKIS, John; WARNER, Douglas J.; GREEN, Andrew. An international database for pesticide risk assessments and management. **Human and Ecological Risk Assessment**, vol. 22, no. 4, p. 1050-1064, 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>.

MACIEL, C.D.G; VELINI, E.D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, vol. 23, p. 471-481, 2005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000300011>.

MALARDO, Marcelo Rafael. Influência da lâmina de chuva e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) por herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar. 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2019.

MARTINS, Dagoberto; GONÇALVES, Clebson Gomes; SILVA JR., Antônio Carlos. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 47, no. 4, p. 649-657, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160078>.

MATOS, Ana Karollyna Alves de; CARBONARI, Caio Antonio; GOMES, Giovanna Larissa Gimenes Cotrick; VELINI, Edivlado Domingues. Dinâmica de herbicidas em pré-emergência em sistemas de produção com palha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, vol. 15, no. 1, p. 97, 2016. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.441>.

OLIVEIRA JR., Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 22 ed., Curitiba - PR: Omnipax, 2011. 348 p.

PERTILE, Mariane; ANTUNES, Jadson Emanuel Lopes; ARAUJO, Fabio Fernando; MENDES, Lucas William; VAN DEN BRINK, Paul J.; ARAUJO, Ademir Sérgio Ferreira. Responses of soil microbial biomass and enzyme activity to herbicides imazethapyr and flumioxazin. **Scientific Reports**, vol. 10, no. 1, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64648-3>.

POLLES, Thiago. **Herbicidas: Uso de pré-emergentes na cultura da soja**.

Arapongas - PR: Nortox, 2020. 6 p.

PRATA, Fábio; CARDINALI, Vanessa Camponez do Brasil; LAVORENTI, Arquimedes; TORNISIELO, Valdemar Luiz; REGITANO, Jussara Borges. Glyphosate sorption and desorption in soils with distinct phosphorus levels. **Scientia Agricola**, no. 1, p. 175-180, 2003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000100026>.

PRESOTO, Jéssica Cursino. Interação e eficácia de flumioxazin e pyroxasulfone e influência do período de seca após aplicação em ambiente de cana-de-açúcar. 2020. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2020.

RAMOS, H. H.; ARAÚJO, D. Preparo da calda e sua interferência na eficácia de agrotóxicos. Artigo em hipertexto. 2006. Available at: <https://www.infobibos.com/artigos/2006_3/v2/index.htm>. Accessed on: 11 Sept 2022.

RAMOS, Rodrigo Ferraz; KASPARY, Tiago Edu; BALARDIN, Ricardo Rubin; NORA, Daiane Dalla; ANTONIOLI, Zaida Inês; BELLÉ, Cristiano. Plantas daninhas como hospedeiras dos nematoides-das-galhas. **Revista Agronomia Brasileira**, vol. 3, no. 3, 2019. <https://doi.org/10.29372/rab201906>.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. 2021. <https://www.r-project.org/>.

ROCHA, Bruno G.R; AMARO, Hugo T.R; PORTO, Edson M.V; GONÇALVES, Charles C.; DAVID, Andréia M.S.S; LOPES, Elen B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 41, no. 2, p. 376-384, 2018. <https://doi.org/10.19084/rca17260>.

ROMAN, Erivelton Scherer; VARGAS, Leandro; RIZZARDI, Mauro Antonio; HALL, Linda; BECJIE, Hugh; WOLF, Thomas. **Como Funcionam os Herbicidas**. 21 ed., Passo Fundo - RS: Berthier, 2005. 152 p.

SANCHOTENE, Danie Martini; HENRIQUE, Sylvio; DORNELLES, Bidel; BOLZAN, Tassiane Moraes; MODESTO, Higor; VOSS, Garlet. Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Perspectiva**, vol. 41, no. 155, p. 7-15, 2017.

SILVA, Paulo Vinicius da. Comportamento ambiental e bioatividade sobre plantas daninhas de herbicidas residuais aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar em diferentes condições hídricas do solo. 2018. 144 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2018.

SILVA, Paulo Vinicius da; MONQUERO, Patrícia Andrea. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, vol. 12, no. 1, p. 94-103, 2013. <https://doi.org/10.7824/rbh.v12i1.235>.

SILVA, Paulo Vinicius da; TRONQUINI, Sérgio Mateus; BARBOSA, Gustavo César; DIAS, Roque de Carvalho; VEIGA, João Paulo Soto; INACIO, Estela Maris. Eficácia de flumioxazin em *Euphorbia heterophylla* L. aplicado sobre diferentes tipos e quantidades de resíduos culturais e simulações de chuva. **SCAP**, vol. 43, no. 3, p.

324-332, 2020. <https://doi.org/https://doi.org/10.19084/rca.20815>.

SOYSTATS - American Soybean Association. **A Reference Guide to Important Soybean Facts e Figures**. 2023. Available at: < <http://soystats.com/wp-content/uploads/Soy-Stats-2023-Web.pdf>>. Accessed on: 9 Aug 2023.

TOFOLI, G. R.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CAVENAGHI, A. L.; MARTINS, D. Performance of tebuthiuron applied on sugarcane straw. **Planta Daninha**, vol. 27, no. 4, p. 815-821, 2009. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582009000400020>.

3 ARTIGO A - INTERFERÊNCIA DE VOLUMES DE PALHA SOBRE A EFICÁCIA DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

RESUMO - A cobertura de palha no solo desempenha um papel importante no manejo de plantas daninhas no Sistema Plantio Direto. Contudo, essa barreira física pode ter efeito sobre a ação de herbicidas pré-emergentes, afetando sua disponibilidade e persistência. O objetivo com este estudo foi avaliar o controle de plantas daninhas com diferentes massas de palha e misturas comerciais de herbicidas pré-emergentes. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), repetidos em duas safras, no verão do ano agrícola 2021/22 e 2022/23. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. O fator A foi composto por três massas de palha (0, 3000 e 6000 kg ha⁻¹) na superfície do solo, oriunda de capim-dictyoneura (*Brachiaria humidicola*). O fator B foi formado por três combinações de herbicidas pré-emergentes, sendo 120 g ha⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha⁻¹ flumioxazina, 120 g ha⁻¹ imazetapir + 60 g ha⁻¹ flumioxazina e 245 g ha⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha⁻¹ diuron, além da testemunha sem aplicação. Foram realizadas avaliações de controle de plantas daninhas, medições de temperatura e umidade do solo. Os dados foram submetidos a análises estatísticas, incluindo teste de Bartlett e teste de Shapiro-Wilk, seguidos por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O software R Studio® foi utilizado para a análise dos dados. A influência da quantidade de palha na emergência de plantas daninhas foi significativa. O tratamento controle, sem palha, apresentou a maior emergência, indicando que a exposição do solo à radiação solar favorece a ocorrência de plantas daninhas. O tratamento com a maior quantidade de palha teve o melhor controle, com o menor número de plantas daninhas emergidas. A presença de palha resultou em menor amplitude na temperatura, aumentou a umidade do solo e reduziu a emergência das plantas daninhas. Os herbicidas foram igualmente eficazes no controle das plantas daninhas, independentemente da quantidade de palha. Os resultados obtidos demonstram que a maior massa de palha recobrando o solo, associado aos herbicidas pré-emergentes é eficaz na redução do número de plantas daninhas na área

Palavras-chave: Cobertura do solo; Lixiviação; Plantas daninhas; Pré-semeadura.

3.1 INTRODUÇÃO

O Manejo Integrado de Plantas Daninhas emprega diferentes ferramentas de controle, como o método preventivo, o cultural, o mecânico, o físico, o biológico e o químico. A escolha do método de controle deve levar em consideração diversos fatores, como o tipo de exploração agrícola, as espécies de plantas daninhas presentes, o relevo, a disponibilidade de mão de obra e equipamentos, além de aspectos ambientais e econômicos. É recomendado que os agricultores integrem diferentes métodos de controle para obter maior eficiência e economia (SILVA et al., 2018).

Desde os impérios chinês e romano, a cobertura do solo tem sido utilizada para reduzir a densidade de plantas daninhas. Antigamente, pedras, galhos de árvores e folhas eram utilizados como cobertura para evitar o surgimento e estabelecimento das plantas daninhas. Com o advento do plantio direto, a formação de palha sobre o solo se tornou uma prática eficaz para reduzir a infestação de plantas daninhas, especialmente as espécies anuais (BRIGHENTI et al., 2018).

As plantas daninhas competem com a cultura da soja pelos recursos, causando perdas na produtividade, superiores a 80%, e inviabilizando a colheita. Elas são agressivas mesmo em ambientes desfavoráveis e o controle eficiente nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura é essencial para garantir a produtividade e a qualidade da colheita. Estratégias de manejo e controle devem considerar métodos disponíveis, viabilidade econômica e impactos ambientais (VARGAS & ROMAN, 2006).

No plantio direto, o manejo de plantas daninhas é influenciado de maneira diferente em comparação com o sistema de cultivo convencional. As práticas mecânicas de controle são menos viáveis nesse contexto, e a presença da palha na superfície do solo desempenha um papel crucial ao impedir a emergência de espécies indesejadas. Além disso, o manejo adequado das culturas, com a utilização de plantas de cobertura, contribui para a supressão das plantas daninhas, por meio de efeitos físicos, competição das espécies de cobertura e liberação de substâncias alelopáticas. Além disso, a presença de palha na superfície do solo altera as características de temperatura e umidade do solo, o que pode impactar na germinação e emergência de plantas daninhas.

Nesse sentido, é importante combinar o manejo cultural com o uso

estratégico de herbicidas, especialmente os pré-emergentes, a fim de garantir o controle eficaz das plantas daninhas desde o início e evitar desperdício de recursos, o que resultaria em custos de produção mais altos e impactos ambientais negativos (AGOSTINETTO, ULGUIM & VARGAS, 2022). Segundo MÁRIO (2017), produtos com efeito residual suprimem sementes de plantas daninhas, retardando a necessidade de controle em pós-emergência. Isso reduz a pressão da infestação e melhora a eficiência do pós-emergente, como o glifosato na soja RR.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o controle de plantas daninhas com diferentes massas de palha sobre o solo e diferentes herbicidas pré-emergentes no manejo que antecede a implantação da cultura da soja.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização do local

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada nas coordenadas geográficas de 23° 20' 31.10" S, 51° 12' 38.90" O e a 560 metros de altitude. Os experimentos foram repetidos em duas safras, verão do ano agrícola 2021/22 (entre os meses de novembro e dezembro) e 2022/23 (entre os meses de setembro e outubro). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (NITSCHKE et al, 2021).

O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVe) com relevo suave ondulado/plano (EMBRAPA, 2018). Previamente à instalação dos experimentos, foi realizada uma amostragem do solo na camada 0 - 20 cm para fins de caracterização. A análise química do solo apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 4,6; P = 21,1 mg dm⁻³; K = 0,48 cmol_c dm⁻³; Ca = 3,3 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,21 cmol_c dm⁻³; Al = 0,14 cmol_c dm⁻³; H+Al = 4,96 cmol_c dm⁻³; CTC = 10,09 cmol_c dm⁻³ e V = 50,15%.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos de diferentes massas de palha foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas com dimensões de 3 x 4 m, totalizando 12 m². Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 3 x 4. O fator A foi composto por três massas de palha, oriundo de capim-dictyoneura (*Brachiaria humidicola*), na superfície do solo, sendo 0, 3000 e 6000 kg ha⁻¹. O fator B foi formado por três combinações de herbicidas pré-emergentes formulados disponíveis no mercado, sendo 300 g L⁻¹ piroxasulfona + 200 g L⁻¹ flumioxazina (Kyojin a 0,4 L ha⁻¹), 200 g L⁻¹ imazetapir + 100 g L⁻¹ flumioxazina (Zethamaxx a 0,6 L ha⁻¹) e 175 g L⁻¹ sulfentrazone + 350 g L⁻¹ diuron (Stone a 1,4 L ha⁻¹), além da testemunha sem aplicação. Na Tabela 1 estão os tratamentos com diferentes massas de palha e diferentes combinações de herbicidas.

Tabela 1. Tratamentos utilizando diferentes massas de palha e diferentes combinações de herbicidas. Londrina - PR, 2021.

	Fator A (palha em kg ha ⁻¹)	Fator B (herbicida)
T1	0	Testemunha sem aplicação
T2	0	120 g ha ⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha ⁻¹ flumioxazina
T3	0	120 g ha ⁻¹ imazetapir + 60 g ha ⁻¹ flumioxazina
T4	0	245 g ha ⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha ⁻¹ diuron
T5	3000	Testemunha sem aplicação
T6	3000	120 g ha ⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha ⁻¹ flumioxazina
T7	3000	120 g ha ⁻¹ imazetapir + 60 g ha ⁻¹ flumioxazina
T8	3000	245 g ha ⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha ⁻¹ diuron
T9	6000	Testemunha sem aplicação
T10	6000	120 g ha ⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha ⁻¹ flumioxazina
T11	6000	120 g ha ⁻¹ imazetapir + 60 g ha ⁻¹ flumioxazina
T12	6000	245 g ha ⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha ⁻¹ diuron

Fonte: O autor.

A palha de *Brachiaria humidicola* foi adquirida de produtor de feno, produzido em área sem histórico de aplicação de herbicida nos últimos meses. O

volume de palha teve sua massa mensurada em balança de precisão, foi convertido em kg ha^{-1} e separado para compor as parcelas experimentais. A área experimental foi previamente gradeada para incorporar os resíduos vegetais ao solo. Logo após, os tratamentos com diferentes massas de palha foram cobertos de forma manual e uniforme.

As aplicações dos herbicidas ocorreram no dia posterior à distribuição dos diferentes volumes de palha. Foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO_2 , equipado com barra contendo seis bicos espaçados de 0,5 m, com pontas do tipo leque (AXI 110.02). O pulverizador foi regulado para uma pressão de 30 psi, com velocidade de deslocamento de 1 m s^{-1} , resultando em vazão constante de 150 L ha^{-1} . Durante a aplicação, a barra foi mantida a 0,5 m do nível do solo.

3.2.3 Avaliações

As avaliações de controle de plantas daninhas ocorreram aos 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Para isso foi lançado, duas vezes em cada parcela, um quadrado (0,5 x 0,5 m). Dentro de cada quadrado foram contabilizadas as plantas daninhas emergidas, separadas por espécie e a densidade foi convertida para plantas m^{-2} .

A temperatura do solo foi medida diariamente em duas profundidades (2 e 5 cm), com o uso de geotermômetros de mercúrio em dois horários, às 7h 30min e às 14h 30min.

Para a obtenção da umidade do solo foi aplicado o método da estufa, determinando a massa da amostra no seu estado natural e a massa após completa secagem em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2.4 Análise dos dados

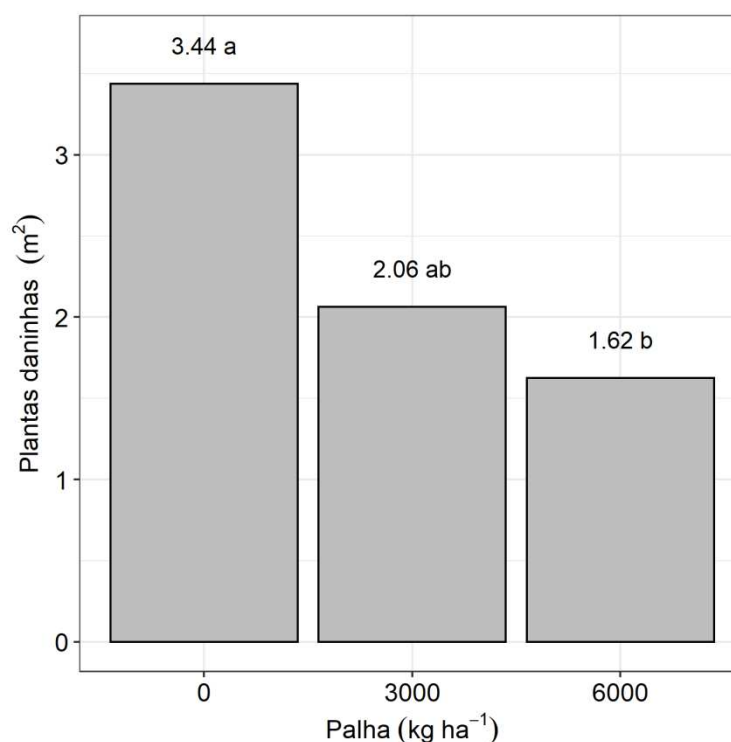
Os dados coletados foram submetidos a análises exploratórias, em que foi testada a homocedasticidade das variâncias através do teste de Bartlett ($p > 0,05$) e a normalidade dos resíduos através do teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) a fim de satisfazer os pressupostos da análise de variância (ANOVA). Pelo teste F a 5% de probabilidade foi gerada a ANOVA, realizando o desdobramento da interação.

A comparação entre os herbicidas foi realizada com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Toda a análise dos dados foi conduzida utilizando o programa estatístico R Studio® (R CORE TEAM, 2021).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a ANOVA não foi observada interação entre os fatores palha e herbicida. Porém, foram observados efeitos significativos para os fatores principais. A quantidade de palha influenciou significativamente no número de plantas daninhas emergidas aos 21 DAA (Figura 1) onde as principais daninhas emergidas em ordem do maior para o menor são: capim-marmelada, capim-camalote, nabiça, corda-de-viola, leiteiro, apaga-fogo, caruru, trapoeraba e carrapicho-de-carneiro. O tratamento controle, sem a adição de palha, apresentou a maior germinação (3,44 plantas m⁻²), indicando que a exposição do solo favorece a ocorrência de plantas invasoras. O tratamento com a maior quantidade de palha resultou no melhor controle (1,62 plantas m⁻²), sugerindo que a quantidade ideal de palha pode variar dependendo das condições do solo e das plantas cultivadas.

Figura 1. Número de plantas daninhas emergidas aos 21 DAA em resposta à massas de palha sobre a superfície do solo. Londrina - PR, 2021.



*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

No tratamento com maior quantidade de palha, o material vegetal atuou como filtro alterando a qualidade e diminuindo a quantidade da radiação solar que atingiu o solo, contribuindo para a estabilidade da temperatura do solo (Figuras 1 e 6), resultando na redução da germinação das plantas (GAZOLA, 2021). Isso afeta principalmente espécies com fotoblastismo positivo, que dependem da luz para germinar, como espécies de buva (YAMASHITA et al., 2011).

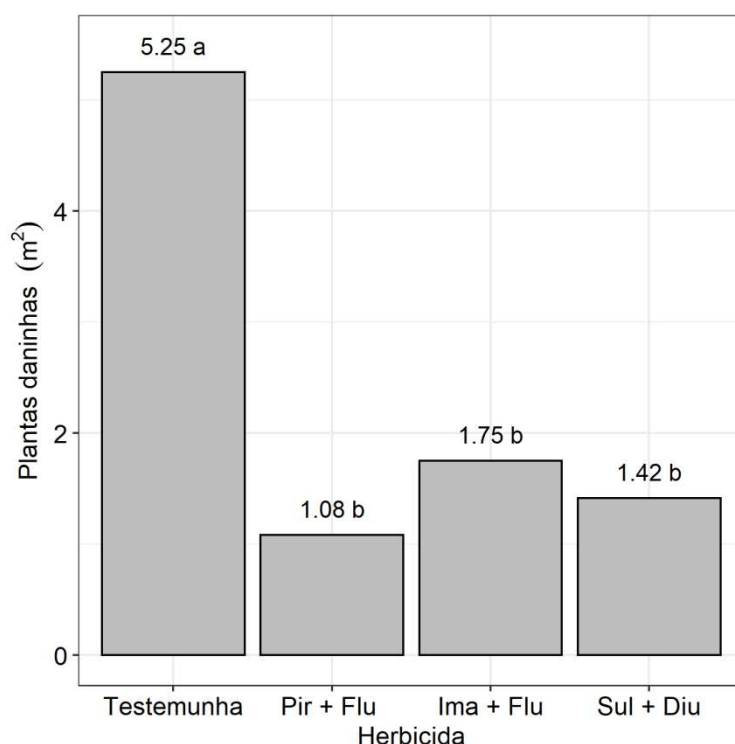
A utilização de palha de *B. humidicola* sobre o solo exprime um manejo útil no controle de diversas espécies de plantas daninhas. Isso ocorre através do sombreamento proporcionado pela palha, bem como pela liberação de substâncias alelopáticas. Essas substâncias são capazes de influenciar o estabelecimento e o crescimento dessas plantas indesejadas (SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001; SOUZA FILHO, 1997; SOUZA FILHO, 2005; VOLL, 2019).

Segundo SOUZA FILHO (2005), foi isolado e identificado o ácido p-cumárico na gramínea forrageira *B. humidicola*. Eles observaram que todas as partes da planta apresentaram atividade alelopática, sendo a parte aérea a principal fonte dessa atividade. A presença de compostos alelopáticos na palha também pode

inibir o crescimento de outras plantas. Esses fatores combinados reduzem a germinação das plantas no solo coberto pela palha.

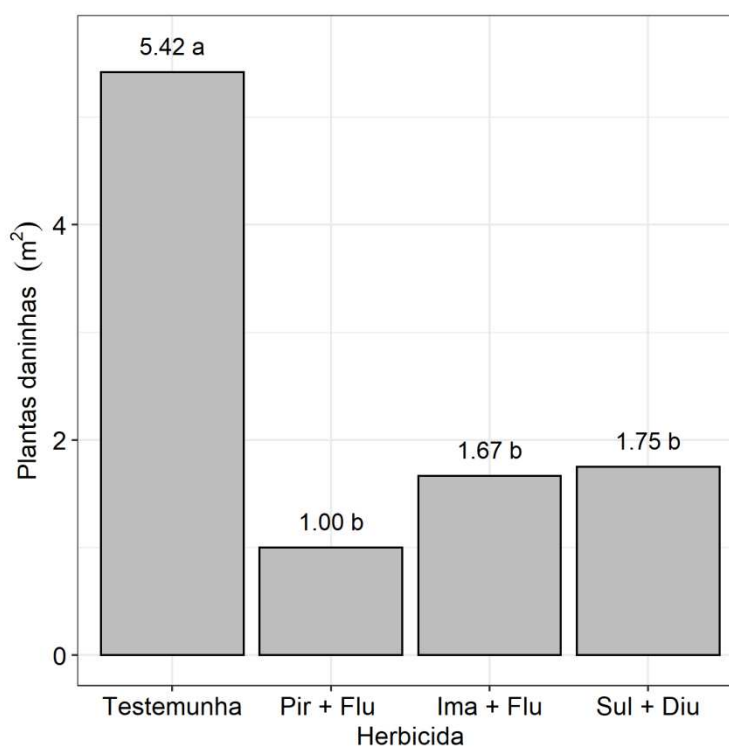
O número de plantas daninhas emergidas nos tratamentos com herbicidas (Figuras 2, 3, 4 e 5) apresentou diferença significativa em relação à testemunha. A testemunha apresentou um maior número de plantas daninhas emergidas, o que indica a importância da aplicação de herbicidas para o controle dessas plantas. Entre os tratamentos com herbicidas, não houve diferenças significativas, o que sugere que os três herbicidas testados tiveram uma eficácia semelhante no controle de plantas daninhas. Vale ressaltar que, embora os herbicidas tenham apresentado efeito na redução de plantas daninhas emergidas, a presença de plantas remanescentes pode contribuir para a população de sementes no solo, o que pode afetar a eficácia do controle a longo prazo.

Figura 2. Número de plantas daninhas emergidas nos tratamentos, após 21 dias, com testemunha sem aplicação e três diferentes herbicidas comerciais. Londrina - PR, 2021.



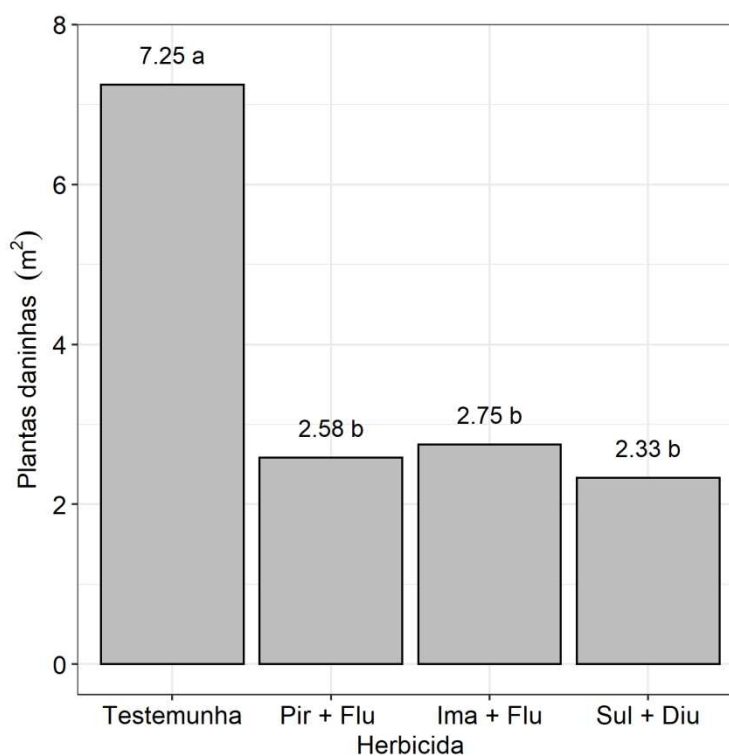
*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 3. Número de plantas daninhas emergidas aos 28 DAA em resposta à aplicação de herbicidas pré-emergentes. Londrina - PR, 2021.



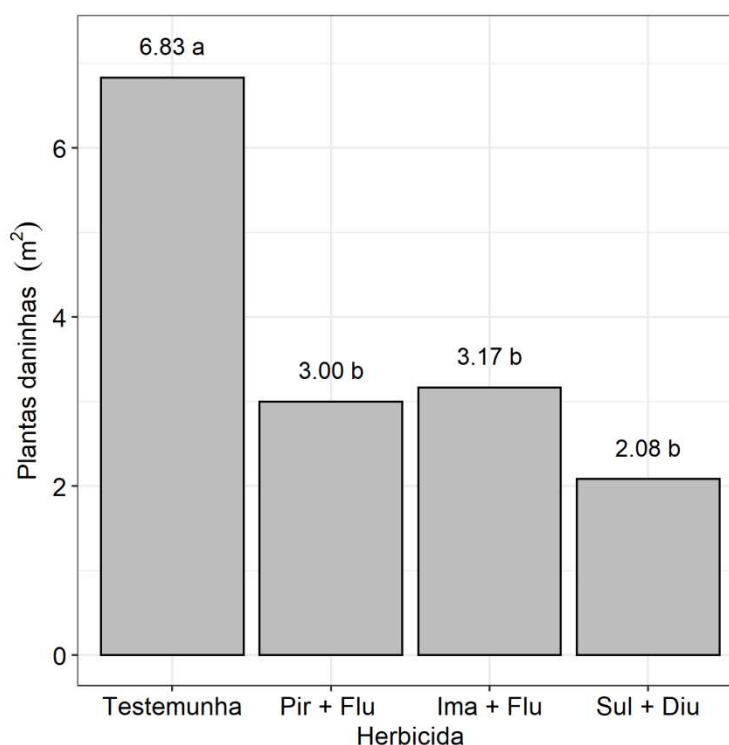
*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 4. Número de plantas daninhas emergidas aos 35 DAA em resposta à aplicação de herbicidas pré-emergentes. Londrina - PR, 2021.



*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 5. Número de plantas daninhas emergidas aos 42 DAA em resposta à aplicação de herbicidas pré-emergentes. Londrina - PR, 2021.



*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Para BARBOSA (2021), a presença de palha afetou significativamente o controle de plantas daninhas nos tratamentos com 0 e 10 t ha⁻¹ de palha, aos 14 e 21 dias após a aplicação. O herbicida sulfentrazone + diuron teve um controle superior a 90% quando aplicado em solo sem cobertura vegetal. SILVA et al. (2022) constataram que o herbicida imazetapir + flumioxazina teve melhores resultados de controle do que o sulfentrazone + diuron aos 28 dias após a aplicação, indicando uma maior persistência desses herbicidas no solo, mesmo que o herbicida sulfentrazone + diuron tenha apresentado resultados superiores à testemunha e ao tratamento apenas com o uso de herbicidas pós-emergentes.

Ao avaliar a temperatura do solo em diferentes profundidades e com as diferentes massas de cobertura (Figura 6 e 7), durante o período da manhã e da tarde, verificou-se que a presença de cobertura exerce influência sobre a temperatura do solo. Em comparação com a testemunha sem cobertura, que fica exposta à radiação solar, os tratamentos com cobertura apresentaram temperaturas de solo inferiores. O tratamento com 6000 kg ha⁻¹ de cobertura nas profundidades de 2 cm e 5 cm apresentou as temperaturas de solo mais baixas. Em contrapartida, a

testemunha sem cobertura registrou valores superiores em ambas as profundidades, devido à exposição direta do solo à radiação solar. Ao analisar a temperatura do solo durante o período da tarde, constatou-se que a testemunha sem cobertura apresentou os maiores valores de temperatura a 2 cm de profundidade. Por outro lado, a massa de 6000 kg ha⁻¹ resultou em temperaturas menores tanto a 2 cm quanto a 5 cm de profundidade, devido à menor exposição aos raios solares. Esses resultados reforçam a influência significativa da cobertura vegetal na temperatura do solo, especialmente em condições de alta incidência de radiação solar.

Figura 6. Temperatura do solo em duas profundidades distintas no período da manhã em datas consecutivas com três diferentes massas de palha recobrindo o solo. Londrina - PR, 2021.

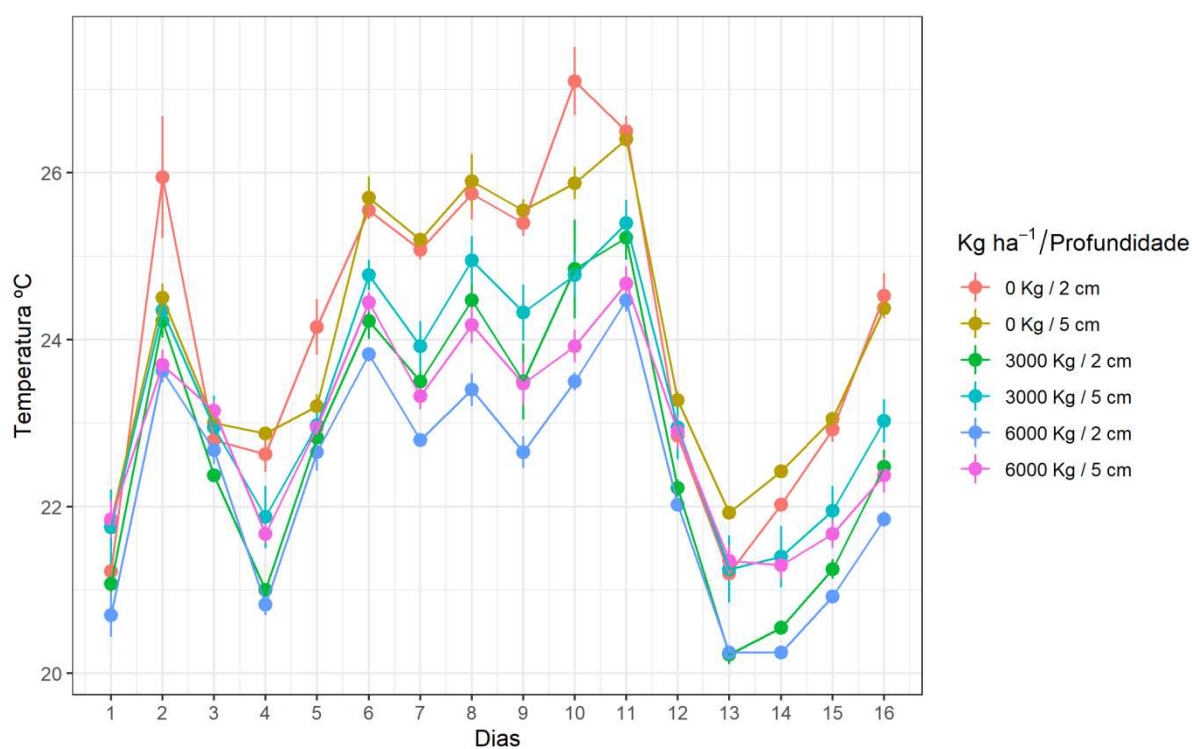
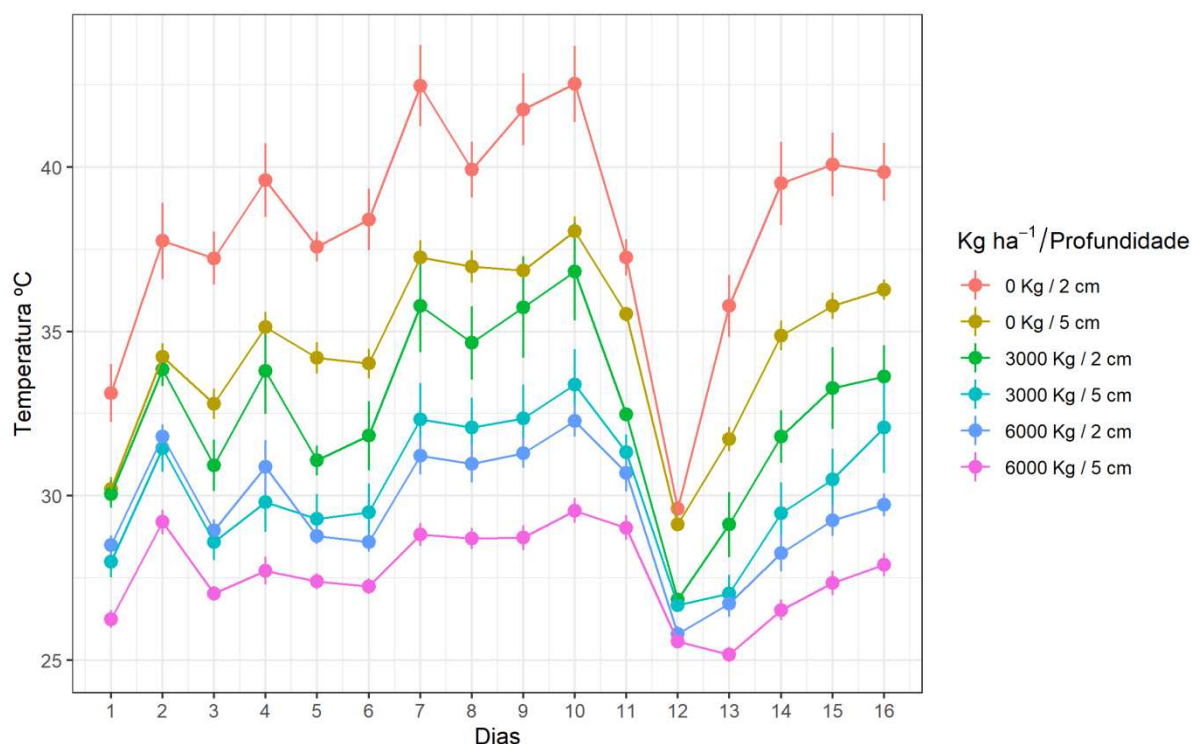


Figura 7. Temperatura do solo em duas profundidades distintas no período da tarde em datas consecutivas com três diferentes massas de palha recobrindo o solo. Londrina - PR, 2021.



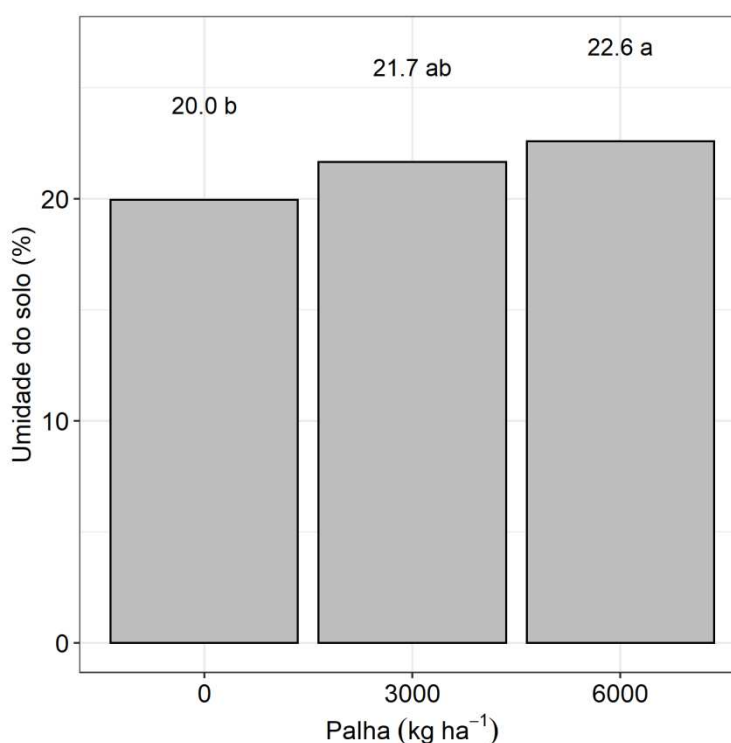
De acordo com GASPARIM et al. (2005), a temperatura do solo varia com a profundidade e a presença de cobertura vegetal, apresentando uma tendência de diminuição da temperatura média de dezembro a março e aumento de abril a junho. A espessura da camada de cobertura vegetal também influencia na variação da temperatura ao longo do tempo, sendo que uma camada mais espessa resulta em menor variação. Segundo os mesmos autores as maiores variações de temperatura ocorrem a uma profundidade de 2 cm, com aumento a partir das 8h da manhã e pico por volta das 14h, observando-se uma diferença de aproximadamente 8,5°C entre o solo descoberto e a condição de 8000 kg ha⁻¹ de palha seca de aveia. Em um dia específico, as temperaturas médias registradas foram de 28,9°C para o solo descoberto, 25,9°C para a condição de 4000 kg ha⁻¹ de palha seca de aveia e 25,9°C para a condição de 8000 kg ha⁻¹.

O efeito físico da cobertura vegetal sobre o solo tem suma importância no controle e taxa de germinação das plântulas de determinadas espécies de plantas daninhas, este efeito pode ser exemplificado com a diminuição da germinação de

sementes fotoblásticas positivas, das sementes que requerem determinado comprimento de onda (onda vermelho V ~ 700 nm e vermelho-distante VD ~ 700-800 nm) e das sementes que necessitam de uma grande amplitude de variação térmica para inibir o processo germinativo (CORREIA & DURIGAN, 2004; SILVA & ALBRECHT, 2021). Associada a este fator está a temperatura do solo que tem grande influência na germinação das sementes das plantas invasoras, onde as altas temperaturas influenciaram na germinação destas sementes, enquanto as baixas temperaturas ocasionaram efeito retardatório na germinação (GOMES, 2008).

Ao analisar a Figura 8, que apresenta a porcentagem de umidade do solo com diferentes massas de palha, foi observado que o tratamento com 6000 Kg ha⁻¹ de palha apresentou um aumento significativo de umidade do solo em comparação com a testemunha, que não recebeu palha, obtendo valores de 22,6% e 20,0%, respectivamente. Além disso, o tratamento com 6000 Kg ha⁻¹ de palha obteve resultados semelhantes ao tratamento com 3000 Kg ha⁻¹ de palha, que apresentou valor médio de 21,7%. Esse aumento na umidade do solo pode estar relacionado à capacidade de retenção da radiação solar e evaporação através da palha, além de aumentar a infiltração de água no solo.

Figura 8. Porcentagem de umidade no solo em três diferentes massas de palha. Londrina - PR, 2021.



*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (p < 0,05).

A emergência das plantas daninhas associadas a umidade do solo pode ser tanto positiva quanto negativa quando associada com a cobertura vegetal sobre o solo, de modo geral a palha pode favorecer a redução de plantas daninhas com a redução/aumento da amplitude de variação térmica do solo e a conservação da umidade, esta que tem grande influência no processo germinativo (CORREIA, 2006). A umidade do solo está ligada a eficácia de forma direta, sendo capaz de afetar a absorção pelas plantas daninhas, a mobilidade no solo, a atividade microbiana, a degradação química, a translocação na planta, a umidade adequada favorece todos estes fatores, enquanto solos muito secos ou grandes volumes de chuvas podem comprometer seus efeitos, tendo necessário considerar a umidade do solo antes da aplicação do herbicida (SIMONI, 2006; NEGRISOLI, 2011; FERREIRA DE SOUZA, 2014).

3.4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a maior massa de palha recobrando o solo é eficaz na redução do número de plantas daninhas na área, assim como o uso dos herbicidas pré-emergentes são importantes para controlar as plantas daninhas.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D., ULGUIM, A. R., & VARGAS, L. (2022). Manejo de Plantas Daninhas em Sistema Plantio Direto. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1149870/1/cap.-4.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2023

AZANIA, A. A. P. M. et al.. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família convolvulaceae. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 207–212, ago. 2002.

BARBOSA, Sabrina Beltramin. Efeito do sulfentrazone + diuron e diclosulam no controle de plantas daninhas na aplicação sobre palha de cana-de-açúcar e com vinhaça [recurso eletrônico] / Sabrina Beltramin Barbosa. -- 2021. Dissertação. Universidade Federal da Grande Dourados. 45p.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, sétimo levantamento, safra 2019/20. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em: 20 jun. 2023.

Correia, N.M. e Durigan, J.C.. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha* [online]. 2004, v. 22, n. 1 [Acessado 20 Agosto 2023], pp. 11-17. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000100002>>. Epub 24 Jun 2004. ISSN 1806-9681. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000100002>.

Correia, N.M., Durigan, J.C. e Klink, U.P.. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. *Planta Daninha* [online]. 2006, v. 24, n. 2 [Acessado 20 Agosto 2023], pp. 245-253. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000200006>>. Epub 06 Dez 2006. ISSN 1806-9681. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000200006>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 5 ed., Brasília - DF: Embrapa Solos, 2018, 356 p.

Ferreira de Souza, Guilherme Sasso; Rocha Pereira, Maria Renata; Martins, Dagoberto. Baixa umidade do solo na eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência. *Bioscience Journal*. Uberlandia: Univ Federal Uberlandia, v. 30, n. 5, p. 555-562, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/130125>>.

GASPARIM, Eloi et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 27, n. 1, p. 107-114, 2005.

GAZOLA, Tiago. Efeito da palha de milho na emergência de plantas daninhas e na dinâmica e ação residual de 2,4-D e dicamba / Tiago Gazola. -- Botucatu, 2021. 111 p.

GOMES JR., F.G. E CHRISTOFFOLETI, P.J.. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. *Planta Daninha* [online]. 2008, v. 26, n. 4 [Acessado 20 Agosto 2023], pp. 789-798. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000400010>>. Epub 03 Dez 2008. ISSN 1806-9681. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000400010>.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ. IDR – PARANÁ. Boletim Agrometeorológico novembro e dezembro 2021. Disponível em: <<https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Boletim-Agrometeorologico>>. Acesso em: 19 ago. 2023

MÁRIO, Vandoir. Uso dos herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. Informativo Técnico Nortox, 2017. Disponível em: <<https://portal-api.nortox.com.br/technical-information/file/9dade274-009b-45c5-bc34-d08acabf575d.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

Negrisoli, E et al. Efeitos de Diferentes condições de umidade do solo e profundidades de germinação de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria* spp. sobre a eficácia do herbicida tebuthiuron. *Planta Daninha* [online]. 2011, v. 29, n. spe [Acessado 20 Agosto 2023], pp. 1061-1068. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000500013>>. Epub 11 Jan 2012. ISSN 1806-9681. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000500013>.

REDDY, K. N.; LOCKE, M. A.; GASTON, L. A. Tillage and cover crop effects on cyanazine adsorption and desorption kinetics. *Soil Science*, v. 150, n. 7, p. 501-509, 1997.

SANTOS, Arthur Klebson Belarmino dos. Dinâmica da temperatura e umidade do solo sob diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em decomposição. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 19, n. 2, p. 223-228, 2001.

SILVA, André Felipe Moreira et al. Introdução à ciência das plantas daninhas. *MATO LOGiA*, p. 7, 2021.

SILVA, Gustavo Ferreira da et al. HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA. 2022.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola* Allelochemical produced by the

forage grass *Brachiaria humidicola*. 2005.

SIMONI, F. et al. Eficácia de imazapic e sulfentrazone sobre *Cyperus rotundus* em diferentes condições de chuva e palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha* [online]. 2006, v. 24, n. 4 [Acessado 20 Agosto 2023], pp. 769-778. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000400018>>. Epub 02 Fev 2012. ISSN 1806-9681. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000400018>.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três plantas invasoras de pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 165-170, 1997.

VARGAS, L., & ROMAN, E. S. (2006). Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja. ISSN 1518-6512. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/852517/1/pdo62.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

Yamashita OM, Guimarães SC. Germinação de sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em diferentes condições de temperatura e luminosidade. *Planta daninha* [Internet]. 2011Apr;29(2):333-42. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000200011>

4 ARTIGO B - IMPACTO DE DIFERENTES VOLUMES DE CHUVA SIMULADA APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

RESUMO – As plantas daninhas afetam negativamente a produção de grãos e dentre as formas de manejo o uso adequado de herbicidas pré-emergentes faz parte da recomendação. O objetivo deste estudo foi avaliar o controle de plantas daninhas utilizando diferentes herbicidas pré-emergentes expostos a diferentes volumes de chuva simulada após a aplicação. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL). Foram repetidos em duas safras, 2021/22 e 2022/23. Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 3 x 4. O fator A foi composto por três volumes simulados de chuva após a aplicação dos herbicidas, sendo 0, 20 e 40 mm. O fator B foi formado por três misturas comerciais de herbicidas pré-emergentes, sendo 120 g ha⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha⁻¹ flumioxazina, 120 g ha⁻¹ imazetapir + 60 g ha⁻¹ flumioxazina e 245 g ha⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha⁻¹ diuron, além da testemunha sem aplicação. Foram realizadas avaliações de controle de plantas daninhas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Foi avaliada a temperatura do solo em duas profundidades. A comparação entre os herbicidas foi realizada com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O uso dos herbicidas antes das lâminas de água sobre o solo reduziu significativamente o número de plantas daninhas emergidas, independentemente do volume de chuva. A relação entre diferentes lâminas de água e diferentes herbicidas não afetou o controle de plantas daninhas.

Palavras-chave: Controle químico; Precipitação pluviométrica; Plantas daninhas; Umidade do solo.

4.1 INTRODUÇÃO

A prática da semeadura direta, que evita o revolvimento do solo, resulta na formação de cobertura morta, trazendo benefícios como proteção e regeneração do solo, melhor infiltração de água, redução da oscilação de temperatura, melhoria da estrutura do solo e controle de plantas daninhas. No entanto, a palha isolada nem sempre controla totalmente as plantas daninhas, principalmente quando se trata de espécies que não necessitam de luz para a germinação, como *Ipomoea* spp. e *Euphorbia heterophylla* (KLEIN; FELIPPE, 1991). Essas espécies necessitam ser controladas com outros métodos, como o uso de herbicidas pré-emergentes. Porém, a quantidade e composição dos resíduos vegetais podem afetar a eficácia dos herbicidas pré-emergentes devido à sua retenção pela palha.

As propriedades físico-químicas dos herbicidas e as condições edafoclimáticas também afetam sua eficácia. A aplicação de herbicidas antes das chuvas sobre solo com palha mostra redução significativa de plantas daninhas emergentes, refletindo a interação complexa entre propriedades dos herbicidas, solo e clima. A solubilidade dos herbicidas afeta sua absorção pelas plantas daninhas, enquanto a cobertura do solo influencia a retenção superficial. A eficácia é modulada pela adsorção em solos argilosos e lixiviação em arenosos, com fatores edafoclimáticos como pH e matéria orgânica afetando degradação e interações ambientais. (CORREIA, 2007).

No manejo químico pré-emergente da soja são utilizados herbicidas de maior persistência no solo, conhecidos como pré-emergentes, para controlar a sementeira das plantas daninhas. Esses herbicidas têm efeito prolongado, reduzindo o surgimento de novas plantas daninhas. Isso facilita o manejo pós-emergente, agindo em plantas uniformes no estágio ideal de crescimento da cultura (SANCHOTENE, 2017).

A ocorrência de chuva após a aplicação de herbicidas pré-emergentes é benéfica, pois ajuda na penetração desses herbicidas através da camada de palha no solo, atingindo o alvo desejado. No entanto, a falta de chuva pode comprometer parcialmente a eficiência dos herbicidas, embora esse efeito varie dependendo do tipo de herbicida utilizado (GOMES, 2022). Da mesma forma, chuvas em excesso podem reduzir a eficácia de herbicidas, principalmente dos mais

solúveis em processos como a lixiviação.

O objetivo deste estudo foi avaliar o controle de plantas daninhas utilizando diferentes herbicidas pré-emergentes expostos a diferentes volumes de chuva simulada após a aplicação.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Descrição da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada nas coordenadas geográficas de 23° 20' 31.10" S, 51° 12' 38.90" O e a 560 metros de altitude. Foram repetidos em duas safras, verão do ano agrícola 2021/22 (entre os meses de dezembro e janeiro) e 2022/23 (entre os meses de dezembro e janeiro). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (NITSCHKE et al, 2022).

O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVe) com relevo suave ondulado/plano (EMBRAPA, 2018). Previamente à instalação dos experimentos, foi realizada uma amostragem do solo na camada 0 - 20 cm para fins de caracterização. A análise química do solo apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 4,6; P = 21,1 mg dm⁻³; K = 0,48 cmol_c dm⁻³; Ca = 3,3 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,21 cmol_c dm⁻³; Al = 0,14 cmol_c dm⁻³; H+Al = 4,96 cmol_c dm⁻³; CTC = 10,09 cmol_c dm⁻³ e V = 50,15%.

4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas com dimensões de 3 x 4 m, totalizando 12 m². Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 3 x 4. O fator A foi composto por três volumes simulados de chuva após a aplicação dos herbicidas, sendo 0, 20 e 40 mm. O fator B foi formado por três misturas comerciais de herbicidas pré-emergentes, sendo 300 g L⁻¹ piroxasulfona + 200 g L⁻¹ flumioxazina (Kyojin a 0,4 L ha⁻¹), 200 g L⁻¹ imazetapir + 100 g L⁻¹ flumioxazina (Zethamaxx a 0,6

L ha⁻¹) e 175 g L⁻¹ sulfentrazone + 350 g L⁻¹ diuron (Stone a 1,4 L ha⁻¹), além da testemunha sem aplicação. Na Tabela 2 encontram-se os tratamentos com diferentes lâminas de água e diferentes combinações de herbicidas.

Tabela 2. Tratamentos utilizando diferentes lâminas de água e diferentes combinações de herbicidas. Londrina - PR, 2021.

Fator A (lâmina de água em mm)		Fator B (herbicida)
T1	0	Testemunha sem aplicação
T2	0	120 g ha ⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha ⁻¹ flumioxazina
T3	0	120 g ha ⁻¹ imazetapir + 60 g ha ⁻¹ flumioxazina
T4	0	245 g ha ⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha ⁻¹ diuron
T5	20	Testemunha sem aplicação
T6	20	120 g ha ⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha ⁻¹ flumioxazina
T7	20	120 g ha ⁻¹ imazetapir + 60 g ha ⁻¹ flumioxazina
T8	20	245 g ha ⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha ⁻¹ diuron
T9	40	Testemunha sem aplicação
T10	40	120 g ha ⁻¹ piroxasulfona + 80 g ha ⁻¹ flumioxazina
T11	40	120 g ha ⁻¹ imazetapir + 60 g ha ⁻¹ flumioxazina
T12	40	245 g ha ⁻¹ sulfentrazone + 490 g ha ⁻¹ diuron

Fonte: O autor.

A aplicação das lâminas de água foi realizada manualmente com o uso de mangueira e aspersor em sua extremidade. O volume de água de cada parcela foi previamente calculado, considerando suas dimensões.

As aplicações dos herbicidas ocorreram no dia anterior à aplicação das lâminas de água. Foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com barra contendo seis bicos espaçados 0,5 m entre si, com pontas do tipo leque (AXI 110.02). O pulverizador foi regulado para uma pressão de 30 psi, com velocidade de deslocamento de 1 m s⁻¹, resultando em vazão constante de 150 L ha⁻¹. Durante a aplicação, a barra foi mantida a 0,5 m do nível do solo.

O experimento foi instalado em área sob o sistema de plantio direto, com restos culturais de trigo e volume de palha de aproximadamente 3000 kg ha⁻¹ de matéria seca.

4.2.3 Avaliações

Foram realizadas avaliações de controle de plantas daninhas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Para isso, foi lançado um quadrado (0,5 x 0,5 m) duas vezes em cada parcela, contabilizado as plantas daninhas e convertido o número de plantas para 1 m². As plantas foram separadas por espécie.

Foi avaliada a temperatura do solo em duas profundidades, com o uso de geotermômetros de mercúrio instalados a 2 e 5 centímetros de profundidade, e em dois horários, às 7h 30min e às 14h 30min, diariamente. Para a obtenção da umidade do solo foi aplicado o método da estufa, determinando a massa da amostra no seu estado natural e a massa após completa secagem em estufa a 105 °C.

4.2.3 Análise dos dados

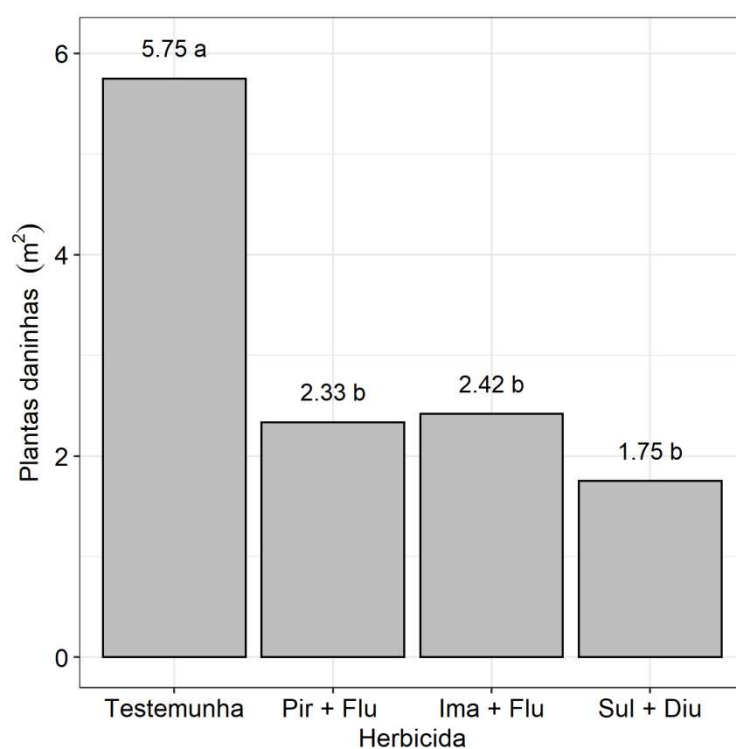
Os dados coletados foram submetidos a análises exploratórias, onde foi testada a homocedasticidade das variâncias através do teste de Bartlett ($p > 0,05$) e a normalidade dos resíduos através do teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) a fim de satisfazer os pressupostos da análise de variância (ANOVA). Pelo teste F a 5% de probabilidade foi gerada a ANOVA, realizando o desdobramento da interação. A comparação entre os herbicidas foi realizada com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Toda a análise dos dados foi conduzida utilizando o programa estatístico R Studio® (R CORE TEAM, 2021).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de herbicidas antes das chuvas simuladas sobre o solo com palha apresentou efeito significativo na redução do número de plantas daninhas emergidas (Figuras 9, 10 e 11). O grupo de controle, representado pela testemunha sem tratamento herbicida, mostrou a maior densidade de plantas daninhas emergidas ao longo do período avaliado, registrando números de 5,75 plantas m² aos 7 dias, 8 plantas m² aos 21 dias e 9,75 plantas m² aos 28 dias. Em contraste, os tratamentos com diferentes herbicidas aplicados apresentaram redução expressiva no número de daninhas. O herbicida sulfentrazone + diuron resultou em números de

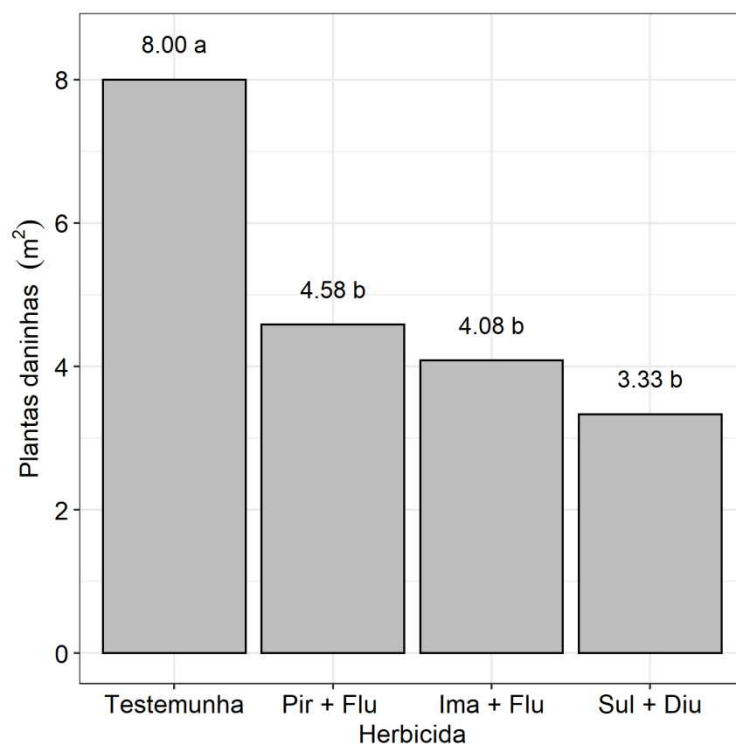
plantas de 1,75 m² aos 7 dias, 3,33 m² aos 21 dias e 4,25 m² aos 28 dias após a aplicação. Similarmente, os herbicidas piroxasulfona + flumioxazina e imazetapir + flumioxazina demonstraram padrões comparáveis, com quantidades de plantas emergentes de 2,33 m² e 4,58 m² aos 7 e 21 dias, respectivamente, e 2,42 m² e 4,08 m² aos 7 e 21 dias, respectivamente. Esses resultados evidenciam a importância do uso de herbicidas pré-emergentes associado à cobertura do solo na supressão de plantas daninhas, o que pode ser uma estratégia eficiente de manejo.

Figura 9. Número de plantas daninhas emergidas nos tratamentos, após 7 dias, com testemunha sem aplicação e três herbicidas comerciais aplicados antes de diferentes volumes de chuva simulada. Londrina - PR, 2021.



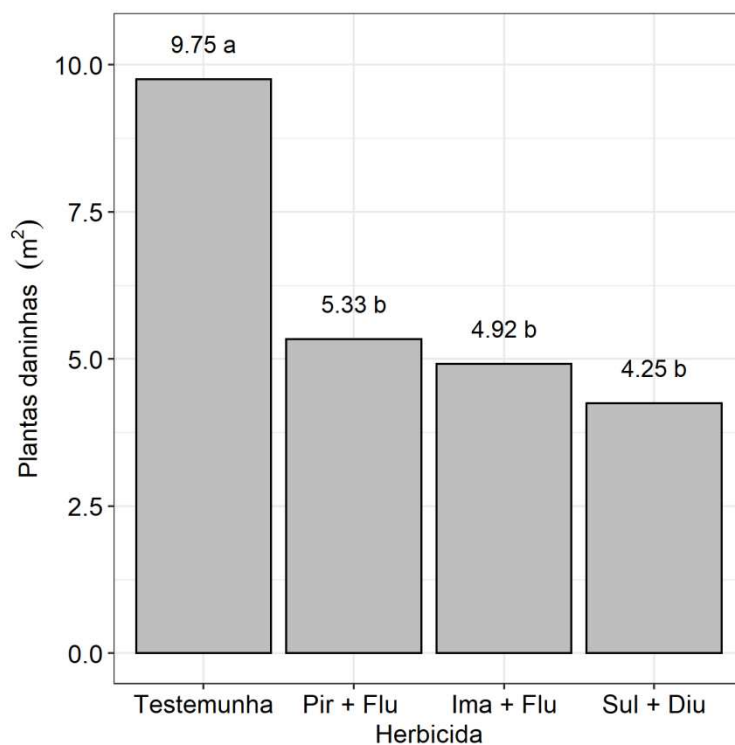
*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 10. Número de plantas daninhas emergidas nos tratamentos, após 21 dias, com testemunha sem aplicação e três herbicidas comerciais aplicados antes de diferentes volumes de chuva simulada. Londrina - PR, 2021.



*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 11. Número de plantas daninhas emergidas nos tratamentos, após 28 dias, com testemunha sem aplicação e três herbicidas comerciais aplicados antes de diferentes volumes de chuva simulada. Londrina - PR, 2021.



*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com a pesquisa de RIBEIRO et al. (2020), a eficácia do herbicida diclosulam no controle de *Ipomoea hederifolia* foi influenciada pela interação entre períodos sem chuva e precipitações, resultando em controle superior a 76% das plantas aos 7 dias após a semeadura. Além disso, a precipitação de 10 mm de chuva mostrou uma eficácia semelhante de controle independentemente da presença de palha no solo, sugerindo que esse volume de chuva foi capaz de proporcionar um controle satisfatório da espécie avaliada. Contudo, aos 28 dias após a semeadura, a presença de palha no solo afetou negativamente a eficácia do herbicida, com um tratamento sem palha alcançando um controle de 87% em comparação com apenas 70% no tratamento com palha. Portanto, considerar a interação entre a cobertura do solo, o ambiente e os métodos de controle é fundamental para um manejo adequado e eficiente de plantas daninhas.

A variação da temperatura do solo, analisada em diferentes profundidades e volumes de chuva, está intimamente ligada às condições ambientais (Figura 12 e 13). A quantidade de chuva e a exposição solar influenciam

diretamente as variações térmicas, pois a chuva afeta a taxa de evaporação e, conseqüentemente, a temperatura do solo. Além disso, a presença de cobertura no solo desempenha um papel significativo, reduzindo a radiação solar direta, dissipando calor durante a fotossíntese, retendo umidade e atuando como isolante térmico. Esses efeitos combinados resultam em um ambiente com temperaturas estáveis e adequadas para o crescimento das plantas e outros organismos. A temperatura do solo é um indicador fundamental para a avaliação das condições de cultivo e deve ser considerada em conjunto com outras variáveis, como a umidade do solo, para uma análise precisa do ambiente.

Figura 12. Temperatura do solo em duas profundidades distintas no período da manhã em datas consecutivas com três diferentes volumes simulados de chuva. Londrina – PR, 2021.

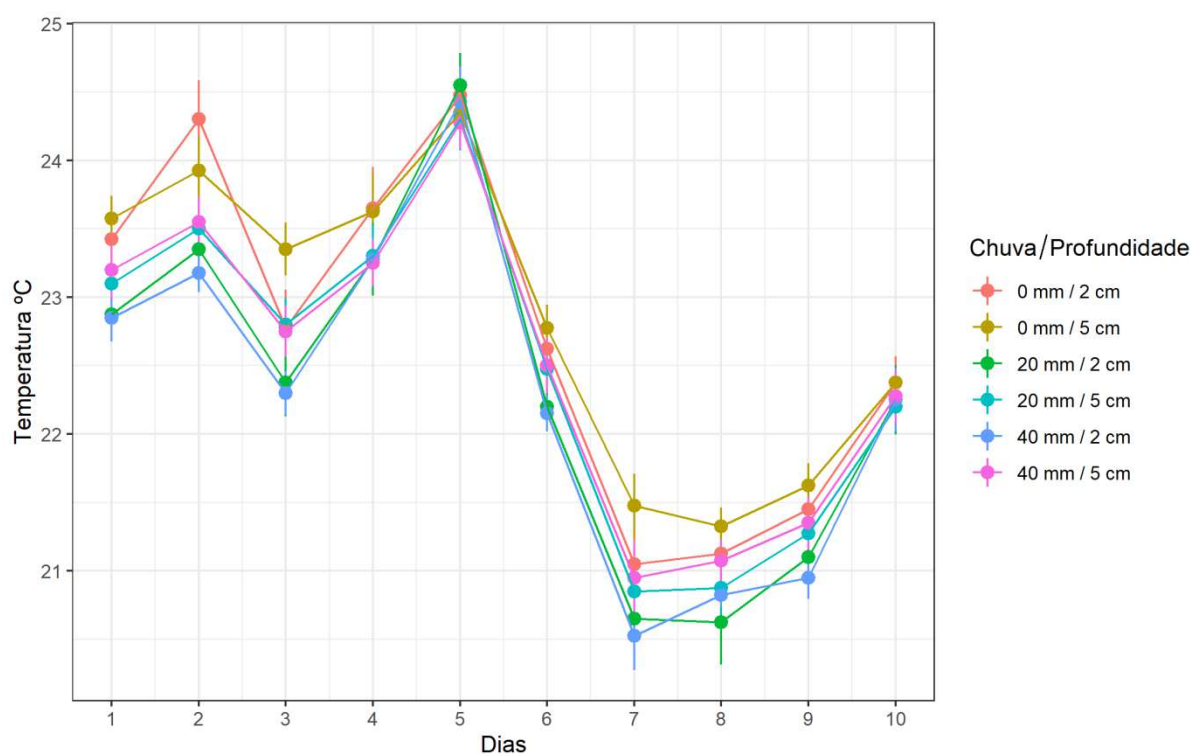
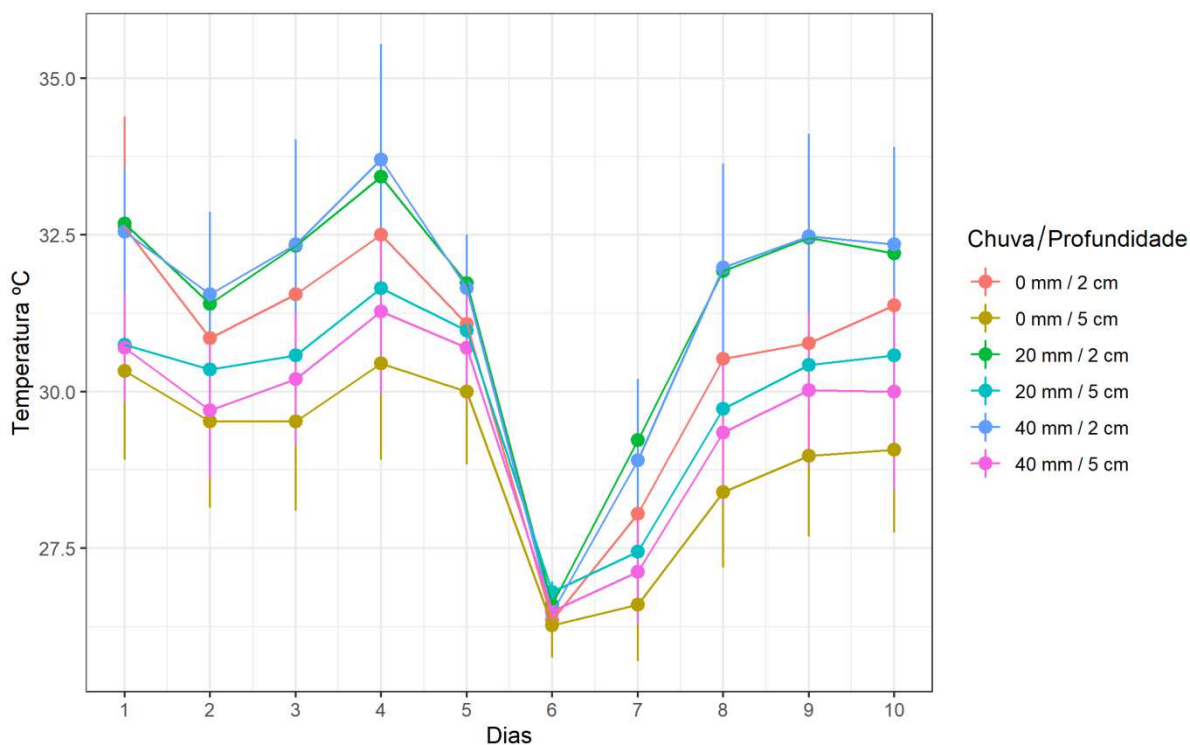


Figura 13. Temperatura do solo em duas profundidades distintas no período da tarde em datas consecutivas com três diferentes volumes simulados de chuva. Londrina – PR, 2021.



No estudo realizado por GASPARIM et al. (2005), verificou-se que a temperatura do solo a 5 cm de profundidade apresentou comportamento semelhante ao observado a 2 cm, embora com menor amplitude nas diferentes condições investigadas. Ao longo do dia, a temperatura do solo aumentou gradualmente, atingindo o valor máximo por volta das 16 horas, sem ultrapassar os 36 °C, enquanto a temperatura mínima permaneceu em torno de 23 °C. A média das temperaturas a 5 cm de profundidade foi de 28,1 °C no solo nu, de 26,2 °C e 26,1 °C nas condições de 4000 kg ha¹ de palha e 8000 kg ha¹ de palha, respectivamente. Esses resultados destacam a tendência semelhante do comportamento térmico do solo ao longo do dia, com variações mais sutis entre as diferentes condições avaliadas. Essas informações são relevantes para compreender as características térmicas do solo e podem contribuir para estudos sobre fisiologia das plantas, atividade microbiana e manejo adequado de agroecossistemas.

De acordo com SEBEN et al. (2011), na fase inicial do plantio da cultura de soja, o solo apresentou altas temperaturas devido à falta de proteção da cultura. No segundo estágio, as temperaturas nas profundidades de 5 e 15 cm variaram,

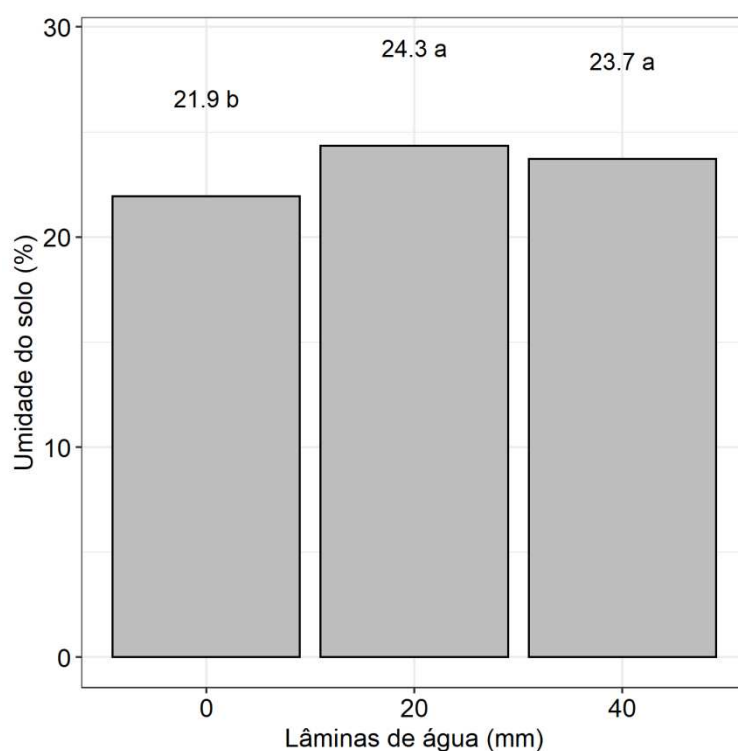
enquanto a temperatura a 30 cm permaneceu estável em relação ao estágio anterior. No terceiro estágio, as temperaturas foram mais baixas devido ao sombreamento e à umidade do solo proporcionados pelas plantas. A influência do desenvolvimento da cultura resultou na diminuição da temperatura a 5 cm de profundidade.

Em relação à pesquisa de SILVA et al. (2020), a aplicação de flumioxazina em diferentes resíduos vegetais (*B. ruziziensis*; *B. ruziziensis* + *Z. mays*; *Z. mays* e ausência) não resultou na transposição do herbicida para a solução do solo, mesmo após uma chuva de 10 mm. Isso indica que a quantidade de flumioxazina disponível não foi suficiente para um controle eficaz de *Euphorbia heterophylla*, independentemente do tipo de material de cobertura utilizado.

A piroxasulfona é uma molécula de baixa solubilidade em água (3,49 mg L⁻¹), alta afinidade pela partição lipofílica (log Kow 3,39) e moderada adsorção a matéria orgânica do solo (Koc 223) e a flumioxazina é uma molécula de baixa solubilidade em água (0,78 mg L⁻¹), alta afinidade pela partição lipofílica (log Kow 2,55) e forte adsorção a matéria orgânica do solo (Koc 889). O imazetapir tem solubilidade em água de 1400 mg L⁻¹, log Kow de 1,49 e Koc 52. A sulfentrazona possui solubilidade em água de 780 mg L⁻¹, log Kow de 0,99 e Koc 43 e o diuron tem solubilidade em água é de 35,6 mg L⁻¹, log Kow de 2,87 e Koc 680 (LEWIS et al., 2016).

Ao analisar as parcelas após 5 dias da simulação de chuva (Figura 14), verifica-se que as lâminas de água com 20 mm (24,3% de umidade do solo) e 40 mm (23,7%) apresentaram efeito significativo em comparação com a testemunha (21,9%), que não recebeu a simulação de chuva. Isso demonstra a importância da umidade do solo para o desenvolvimento adequado das plantas, seja cultivada e/ou daninha.

Figura 14. Porcentagem de umidade no solo após cinco dias da simulação de chuva por irrigação controlada com três diferentes lâminas de água. Londrina – PR, 2021.



*letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com SANTOS et al. (2017), durante a fase inicial de crescimento da cultura de cana-de-açúcar, os tratamentos apresentaram diferenças significativas na umidade do solo, especialmente nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. No entanto, essa diferença não foi mais observada na fase intermediária para a fase final, devido ao microclima gerado pelo aumento do Índice de Área Foliar dentro do canal, resultando em menor incidência direta de luz solar e redução na taxa de evaporação. A presença de palha também teve um efeito notável nas camadas superficiais do solo, mantendo a umidade elevada em todas as camadas até 80 cm de profundidade, o que é crucial para o suprimento de água às culturas, especialmente em períodos de seca.

4.4 CONCLUSÃO

A aplicação dos herbicidas pré-emergentes antes das chuvas simulada reduziu significativamente o número de plantas daninhas, destacando a flexibilidade para o uso desses herbicidas adequado as condições de cultivo atuais.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORREIA, Núbia Maria; DURIGAN, Julio Cezar; KLINK, Urubatan Palhares. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja. *Bragantia*, v. 66, p. 111-120, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 5 ed., Brasília - DF: Embrapa Solos, 2018, 356 p

GASPARIM, Eloi et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 27, n. 1, p. 107-114, 2005.

GOMES, Mateus. Retenção de herbicidas pré-emergentes pela palhada sob diferentes condições de irrigação. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.

MÁRIO, V. Uso dos herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. Informativo Técnico Nortox, 2017. Disponível em: <<https://portal-api.nortox.com.br/technical-information/file/9dade274-009b-45c5-bc34-d08acabf575d.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. 2021. <https://www.r-project.org/>.

RIBEIRO, Nagilla Moraes. Manejo de herbicidas no consórcio milho-braquiária e eficácia de controle de plantas daninhas em diferentes regimes de chuva. 2020.

SANCHOTENE, D. M., DORNELLES, S. H. B., BOLZAN, T. M., VOSS, H. M. G., ESCOBAR, O. S., LEON, C. B., & SHIMÓIA, E. P. (2017). Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. *Perspectiva Erechim*, 41, 07-15.

SANTOS, Arthur Klebson Belarmino dos. Dinâmica da temperatura e umidade do solo sob diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em decomposição. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SEBEN, G. K.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de; TANABE, C. S.; SILVA, A. D.; MARTINS, I. C. T. Avaliação da temperatura do solo em três profundidades, sobre diferentes coberturas vegetais em latossolo amarelo muito argiloso do Oeste paraense. *Espaço Científico*, v. 12, n. 1/2, p. 72-78, 2011.

SILVA, Paulo Vinicius da; TRONQUINI, Sérgio Mateus; BARBOSA, Gustavo César; DIAS, Roque de Carvalho; VEIGA, João Paulo Soto; INACIO, Estela Maris. Eficácia de flumioxazin em *Euphorbia heterophylla* L. aplicado sobre diferentes tipos e quantidades de resíduos culturais e simulações de chuva. **SCAP**, vol. 43, no. 3, p. 324-332, 2020. <https://doi.org/https://doi.org/10.19084/rca.20815>.

VIVAN, G. A., PEITER, M. X., ROBAINA, A. D., DA SILVA BARBOZA, F., & BUSKE, T. (2013). Rendimento relativo da cultura da soja em função da lâmina de irrigação. *Irriga*, 18(2), 282-292.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa oferecem informações sobre o impacto do plantio direto sobre plantas daninhas e o manejo com herbicidas. Embora não tenha sido observada interação entre os fatores palha e herbicida, os efeitos individuais foram significativos. A quantidade de palha demonstrou influenciar na densidade de plantas daninhas emergidas, destacando a importância da cobertura vegetal como barreira física. Os tratamentos com herbicidas mostraram eficácia comparável na redução do número de plantas daninhas, ressaltando a relevância desse manejo no controle. No entanto, a presença de plantas remanescentes após a aplicação pode impactar a população de sementes no solo a longo prazo, sugerindo a necessidade de aplicações complementares.

A análise das variações térmicas do solo evidenciou o papel crucial da cobertura vegetal na regulação das temperaturas, proporcionando condições mais estáveis e propícias ao crescimento das plantas cultivadas. A umidade do solo, influenciada pela cobertura vegetal, também se mostrou essencial, como ilustrado pela maior umidade nos tratamentos com maior massa de palha. Além disso, a influência das chuvas destacou a relevância da umidade do solo para o desenvolvimento das plantas e na ação dos pré-emergentes na solução do solo.

Para pesquisas futuras, estudos sobre a interação entre cobertura do solo, temperatura do solo e umidade do solo podem aprofundar a compreensão do desenvolvimento de plantas daninhas e seu controle com práticas agrícolas mais sustentáveis.