

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

VINÍCIUS NEIVA PACHECO

**APLICAÇÃO DE S-METOLACHLOR COM FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL EM SORGO**

**Uberlândia – MG
2026**

VINÍCIUS NEIVA PACHECO

**APLICAÇÃO DE S-METOLACHLOR COM FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL EM SORGO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.
Orientador: Edson Aparecido dos
Santos

**Uberlândia – MG
2026**

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

P116 2026	Pacheco, Vinícius Neiva, 2003- Aplicação de s-metolachlor com fertilizante organomineral em sorgo [recurso eletrônico] / Vinícius Neiva Pacheco. - 2026. Orientador: Edson Aparecido dos Santos. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. 1. Agronomia. I. Santos, Edson Aparecido dos, 1983-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Agronomia. III. Título. CDU: 631
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

VINÍCIUS NEIVA PACHECO

**APLICAÇÃO DE S-METOLACHLOR COM FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL EM SORGO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Edson Aparecido dos
Santos

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Edson Aparecido dos Santos
Orientador

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo
Membro da banca

Thiago Pereira Campos
Membro da banca

RESUMO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura de grande importância econômica, destacando-se pela elevada tolerância ao déficit hídrico e ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Para o adequado estabelecimento da cultura, o manejo nutricional e o controle de plantas daninhas são fundamentais, sendo comum a aplicação de fertilizantes e herbicidas em fases semelhantes do cultivo. Nesse contexto, surge a possibilidade da aplicação conjunta de fertilizante organomineral com o herbicida S-metolachlor visando otimização de máquinas, energia e trabalho. Objetivou-se, portanto, avaliar a seletividade do herbicida S-metolachlor ao sorgo e a eficiência no controle de plantas daninhas quando aplicado de forma conjunta com fertilizante organomineral peletizado e granulado. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. O S-metolachlor foi aplicado na modalidade plante e aplique em três modalidades: misturado previamente a um fertilizante organomineral peletizado e granulado e por meio de um pulverizador costal para experimentos. Havia também duas testemunhas: uma sob interferência de plantas daninhas e outra sob controle mecânico semanal. Foram avaliadas as injúrias nas plantas e o controle de plantas daninhas aos 10, 17, 24 e 31 dias após as pulverizações. No fim do ciclo, o sorgo foi avaliado com relação à produtividade e a biomassa de plantas daninhas também foi determinada. Foi observado que o S-metolachlor não promoveu injúrias nas plantas de sorgo, independentemente da forma de aplicação. Em relação ao controle de plantas daninhas, a eficácia do herbicida aplicado em pulverizador costal foi superior quando comparada à aplicação da mistura de herbicida e fertilizante. A produtividade e a biomassa de plantas daninhas apresentaram correspondência quando comparados os resultados entre si. Conclui-se que a aplicação conjunta de S-metolachlor com fertilizante organomineral é uma alternativa viável do ponto de vista operacional, porém, pode apresentar limitações quanto à eficiência no controle de plantas daninhas, quando comparada à aplicação convencional.

Palavras-chave: Fluxofenim; Plante e aplique; *Sorghum bicolor*;

ABSTRACT

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is a crop of great economic importance due to its high tolerance to water deficit and broad adaptation to different edaphoclimatic conditions. Proper crop establishment depends on adequate nutritional management and effective weed control, and fertilizers and herbicides are often applied during similar stages of crop development. In this context, the joint application of organomineral fertilizer and the herbicide S-metolachlor has emerged as a potential strategy to optimize machinery use, energy consumption, and labor. Therefore, the objective of this study was to evaluate the selectivity of S-metolachlor to sorghum and its weed control efficiency when applied together with pelleted and granulated organomineral fertilizers. The experiment was conducted in a randomized complete block design with five treatments and four replications. S-metolachlor was applied using the "plant-and-apply" method under three application strategies: previously mixed with pelleted organomineral fertilizer, previously mixed with granulated organomineral fertilizer, and conventionally applied using a backpack sprayer for experimental purposes. Two control treatments were also included: one maintained under natural weed interference and another subjected to weekly mechanical weed control. Injury and weed control were evaluated at 10, 17, 24, and 31 days after application. At the end of the crop cycle, grain yield was determined, and weed biomass was measured. S-metolachlor caused no injury to sorghum plants regardless of the application method. Regarding weed control, the herbicide applied with a backpack sprayer was more effective than when applied as a mixture with the organomineral fertilizers. Grain yield and weed biomass showed a consistent relationship when the treatments were compared. It was concluded that the joint application of S-metolachlor with organomineral fertilizer is a viable operational alternative; however, it may present limitations in weed control efficiency compared with the conventional herbicide application method.

Keywords: Fluxofenim; plant and apply; *Sorghum bicolor*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÕES.....	23
6. REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea do tipo C4, originária do noroeste da África, adaptada a regiões de clima tropical e com preferência por fotoperíodo de dias curtos. A ampla adaptabilidade permite o cultivo em diversas latitudes, graças à elevada tolerância ao calor e à escassez hídrica. Essas características se devem, em grande parte, à morfologia foliar típica de plantas xerófitas e a mecanismos fisiológicos eficientes, que favorecem a conservação de água e a fotossíntese sob estresse ambiental (Ribas et al., 2003).

Assim como todas as culturas cultivadas atualmente com caráter de ganhos econômicos, o sorgo precisa de atenção e cuidados para que se atinja boa produtividade. Mesmo sendo uma planta resistente e bastante tolerante à escassez de água, cuidados com doenças, pragas, nutrição e controle de plantas daninhas são imprescindíveis para o sucesso da lavoura (Albuquerque et al., 2021).

Dentre esses cuidados, destacam-se o manejo nutricional e o controle de plantas daninhas. Nesse sentido, o uso adequado de fertilizantes e herbicidas é fundamental para garantir maior rendimento, melhor qualidade do grão, redução de perdas e sustentabilidade na cultura do sorgo (Virginio, 2014).

Garantir que a cultura tenha acesso facilitado e suficiente aos nutrientes essenciais é a principal função dos fertilizantes, que fornecem macro e micronutrientes utilizados no desenvolvimento das plantas. Dentre os macronutrientes mais demandados pelas culturas estão o nitrogênio, fundamental para o crescimento vegetativo e produção de biomassa; o fósforo, que favorece o desenvolvimento do sistema radicular e melhora a absorção de água e outros nutrientes; e o potássio, que atua na resistência a estresses abióticos e fitossanitários. Além desses, cálcio, magnésio e enxofre também são considerados macronutrientes e devem estar disponíveis em níveis adequados no solo para o bom desempenho fisiológico da planta (Malavolta, 2002).

Os fertilizantes podem ser classificados de diferentes formas segundo critérios como composição, origem, estado físico e modo de aplicação. A classificação mais reconhecida considera a origem, agrupando-os em fertilizantes minerais (químicos), orgânicos e organominerais (Alcarde et al., 1998). Os fertilizantes organominerais têm ganhado destaque nas lavouras brasileiras por aliar os benefícios dos componentes orgânicos aos fertilizantes minerais. A presença de matéria orgânica nesses produtos

melhora a capacidade de retenção e disponibilidade de nutrientes no solo, reduzindo perdas por lixiviação e volatilização. Além disso, promovem a liberação gradual dos nutrientes, assegurando o fornecimento contínuo às plantas durante todo o ciclo de cultivo (Reetz Junior, 2017).

Os fertilizantes podem ser aplicados no momento da semeadura, antes ou após este processo, dependendo das necessidades nutricionais da cultura e das características do solo. Essa aplicação demanda elevados recursos, especialmente em relação à energia utilizada, uma vez que os produtos aplicados podem somar toneladas por hectare. Portanto, é essencial o uso de equipamentos adequados e um critério rigoroso na distribuição dos fertilizantes para garantir eficiência e minimizar perdas (Serrano et al., 2014).

Um dos principais desafios dos fertilizantes minerais é a ocorrência de perdas significativas, principalmente pela alta solubilidade dos nutrientes que favorece a lixiviação e volatilização, comprometendo a eficiência do uso dos insumos e gerando impactos ambientais. Nessa perspectiva, os fertilizantes organominerais têm ganhado importância, pois promovem a liberação gradual dos nutrientes no solo, ajustando-se à demanda das plantas e minimizando perdas ambientais (Tejada; Benitez; Gonzalez, 2005).

Assim como os fertilizantes, os herbicidas possuem diversas classificações, inclusive com relação à época de aplicação. Herbicidas pré-emergentes são aplicados antes da emergência das plantas daninhas, enquanto os pós-emergentes atuam após essa fase. Além disso, os herbicidas podem ser residuais, permanecendo ativos no solo por períodos prolongados para controlar plantas daninhas, ou não residuais, com controle limitado ao período imediato após a aplicação. Esses produtos são fundamentais no controle de plantas daninhas em sorgo, visto que a competição por água, luz e nutrientes pode resultar em perdas produtivas severas, dependendo da intensidade e período de convivência (Cabral et al., 2013).

O uso crescente de herbicidas pré-emergentes deve-se ao controle antecipado das plantas daninhas, impedindo a germinação e permitindo que a cultura do sorgo desenvolva o potencial produtivo sem interferências até que a planta feche completamente a área e o período crítico de interferência seja finalizado. Além disso, essa estratégia possibilita a redução do número de aplicações de herbicidas em pós-plantio, diminuindo custos operacionais e promovendo o manejo sustentável da resistência (Souza Neto, 2020).

O S-metolachlor é posicionado preferencialmente em pré-emergência na cultura do sorgo, sendo aplicado imediatamente após a semeadura, diretamente sobre o solo, antes da emergência das plantas daninhas e da cultura. Após a aplicação, o produto se distribui em uma fina camada na superfície do solo, onde permanece ativo, sendo absorvido principalmente pelas estruturas hipocotilares e radiculares das plantas daninhas em germinação (Machado et al., 2016).

Do ponto de vista econômico, toda aplicação de insumos à lavoura exige energia, trabalho de pessoas e de máquinas. Dessa forma, quando produtos podem ser aplicados de uma só vez, obtém-se vantagens à atividade. Nesse sentido, como os fertilizantes organominerais e herbicidas pré-emergentes são aplicados em momentos semelhantes na cultura do sorgo, identifica-se a possibilidade de aplicação dos produtos por meio de apenas uma operação.

Objetivou-se avaliar com esse trabalho a sensibilidade do sorgo e o controle de plantas daninhas pelo herbicida S-metolachlor aplicado de forma conjunta com fertilizante organomineral.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Durante todo o ciclo do sorgo, é necessário o uso de maquinário agrícola em diferentes fases da lavoura. Segundo Ribas et al. (2003), o sorgo, por ser uma planta C4, apresenta alta eficiência no uso de água, sendo bastante resistente ao déficit hídrico e muito cultivado na safrinha, o que permite reduzir aplicações, adubações e o preparo de solo quando comparado ao cultivo na safra principal.

A entrada de maquinário na cultura do sorgo é essencial para otimizar a produção e garantir eficiência em diversas etapas do cultivo. Em média, ocorrem de cinco a nove operações mecanizadas durante o ciclo da cultura, desde o preparo do solo e o plantio até a colheita. Essas operações incluem aração, gradação, semeadura, aplicação de herbicidas, adubação e controle de pragas e doenças. Cada uma dessas etapas exige o uso de equipamentos específicos, como tratores, semeadoras, pulverizadores e colhedoras, impactando diretamente os custos de produção (Gamero; Lanças, 1996).

Os custos associados a essas operações variam conforme o tamanho da área cultivada, o tipo de máquina utilizada, o preço dos insumos e a mão de obra. As aplicações de defensivos agrícolas e a colheita representam os maiores custos do sistema, podendo variar de 10% a 35% do custo operacional total. Por isso, é essencial que os produtores

façam um planejamento detalhado, considerando custos e benefícios de cada etapa, para garantir a viabilidade econômica da cultura do sorgo (Alves et al., 2019).

Agricultores de diferentes regiões têm investido em práticas para otimizar a combinação de insumos agrícolas de forma sinérgica, reduzindo custos e aumentando a eficiência operacional. A mistura estratégica de fertilizantes, defensivos e bioestimulantes permite reduzir o número de aplicações no campo, economizando combustível, tempo e mão de obra. Além disso, essas misturas podem potencializar a ação dos produtos, garantindo maior desenvolvimento das culturas. A aplicação conjunta de bioestimulantes e fertilizantes aumenta a absorção de nutrientes pelas plantas, resultando em maior produtividade (Gazziero, 2015).

Essas práticas incluem testes de compatibilidade, uso de tecnologias de precisão e a troca de experiências entre produtores, fortalecendo redes de cooperação e impulsionando a inovação no setor. A agricultura de precisão, como a aplicação em taxa variável, tem se mostrado eficaz na otimização do uso de insumos. Com uma abordagem integrada e planejada, os agricultores não só reduzem custos operacionais, mas também aumentam a sustentabilidade e a rentabilidade da produção (ANDEF, 2010).

A mistura de herbicidas com fertilizantes pode ser uma estratégia para otimizar a aplicação de insumos, visando reduzir custos e aumentar a eficiência. Pesquisas como a de Chagas (2019) analisaram misturas de herbicidas pré-emergentes com fertilizantes organominerais em milho e soja, observando que a aplicação conjunta pode garantir controle eficaz de plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento da cultura. Revelaram também que a matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais ainda contribui para maior retenção dos herbicidas no solo, aumentando sua persistência e eficácia.

Outros estudos, como o de Camarena de la Cruz (2023), investigaram misturas de herbicidas pós-emergentes com fertilizantes foliares, evidenciando resultados promissores na redução do número de aplicações e no aumento da absorção de nutrientes. Porém, é imprescindível realizar testes de compatibilidade antes da aplicação em larga escala, para evitar reações indesejadas e garantir a segurança do manejo.

No caso específico do herbicida S-metolachlor não há na literatura estudos sobre a mistura com fertilizantes organominerais. O herbicida é recomendado para o controle de importantes plantas daninhas, como *Eleusine indica*, *Digitaria insularis*, *Commelina bengalensis*, *Amaranthus spp.*, *Spermacoce latifolia*, com seletividade para diversas culturas, como soja, milho, feijão e sorgo. No caso específico do sorgo, é fundamental

que as sementes recebam previamente um tratamento com um *safener* – adjuvante capaz de proteger as sementes dos danos provocados pelo herbicida. (O’Connell et al., 1998).

O S-metolachlor é pouco móvel e atua como inibidor da síntese de ácidos graxos de cadeia longa. Apresenta solubilidade e adsorção moderadas, o que confere maior mobilidade no perfil do solo diante da presença de umidade (Zemolin et al., 2014). Essa característica permite ao S-metolachlor atingir camadas mais profundas, controlando plantas daninhas com sistema radicular mais desenvolvido de forma pré-emergente. A seletividade do herbicida ao sorgo está relacionada à capacidade de metabolização do S-metolachlor, evitando danos às células vegetais a partir do tratamento prévio das sementes com um *safener*. Produtos como o fluxofenim são capazes de ativar enzimas Glutathione-S-transferases, citocromos P450 e algumas hidrolases e oxidases que possibilitam a degradação do S-metolachlor e a consequente seletividade (Silva et al., 2014; Magalhães et al., 2000).

A ação dos *safeners* permite que o sorgo metabolize rapidamente as moléculas do herbicida, enquanto as plantas daninhas, desprovidas desses mecanismos de proteção, permanecem suscetíveis ao produto. *Safeners* como benoxacor, fluxofenim e cyprosulfamide são frequentemente incorporados nas formulações comerciais de herbicidas do grupo das acetanilidas, facilitando a aplicação prática no campo (Hatzios, 1991). Essa proteção é especialmente relevante em condições em que o sorgo está mais vulnerável à fitotoxicidade, como em solos arenosos, com alta umidade ou em situações de doses elevadas de herbicidas. No contexto do uso do S-metolachlor, o emprego de *safeners* assegura o controle eficaz das plantas daninhas em pré-emergência, preservando o estande da cultura e garantindo um estabelecimento inicial uniforme (Zemolin et al., 2014).

O uso de fertilizantes organominerais nos cultivos tem sido cada vez mais recomendado, devido aos benefícios na melhoria da fertilidade do solo e na nutrição das plantas. Esses fertilizantes combinam matéria orgânica e nutrientes minerais, liberando os nutrientes gradualmente e melhorando a estrutura do solo, favorecendo o desenvolvimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelo sorgo (Sarto et al., 2010).

Estudos como o de Sarto et al. (2010) destacam que o uso de organominerais pode aumentar a produtividade do sorgo, especialmente em solos de baixa fertilidade, pois a matéria orgânica eleva a retenção de água e nutrientes no solo, reduzindo perdas por

lixiviação e volatilização. A liberação gradual garante fornecimento contínuo de nutrientes ao longo do ciclo.

Estudos como os de Camarena de la Cruz, (2023), estudaram a interação entre herbicidas e fertilizantes foliares no controle de *Urochloa decumbens* e *Amaranthus hybridus*, mostrando que fertilizantes foliares podem melhorar características físico-químicas da calda herbicida, como pH e condutividade elétrica, sem reduzir a eficácia. Já Tavares et al. (2022) verificaram que misturas de sais de glifosato com fertilizantes foliares na soja não comprometeram o controle de plantas daninhas, mas indicaram a importância de avaliar compatibilidade para evitar possíveis impactos negativos na produtividade.

Apesar dos avanços no manejo químico de plantas daninhas e no uso de fertilizantes organominerais, ainda há lacunas na literatura quanto à aplicação conjunta de herbicidas pré-emergentes com fertilizantes, especialmente no que se refere à seletividade para a cultura e à eficiência no controle das espécies infestantes. A interação entre o herbicida e o fertilizante pode influenciar diretamente a distribuição, disponibilidade e comportamento do produto no solo, afetando sua eficiência agrônômica. Nesse contexto, torna-se necessário avaliar alternativas que integrem operações agrícolas, como a aplicação conjunta de herbicidas e fertilizantes, visando otimizar o manejo de plantas daninhas e reduzir custos operacionais, sem comprometer o desempenho da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais (18°57'13.67"S 48°12'34.99"O, 890 metros de altitude), com início em abril de 2025. Durante o cultivo do sorgo, o acumulado de precipitação foi de 180 mm e as temperaturas variaram de 18,4 °C a 27,9 °C (Figura 1).

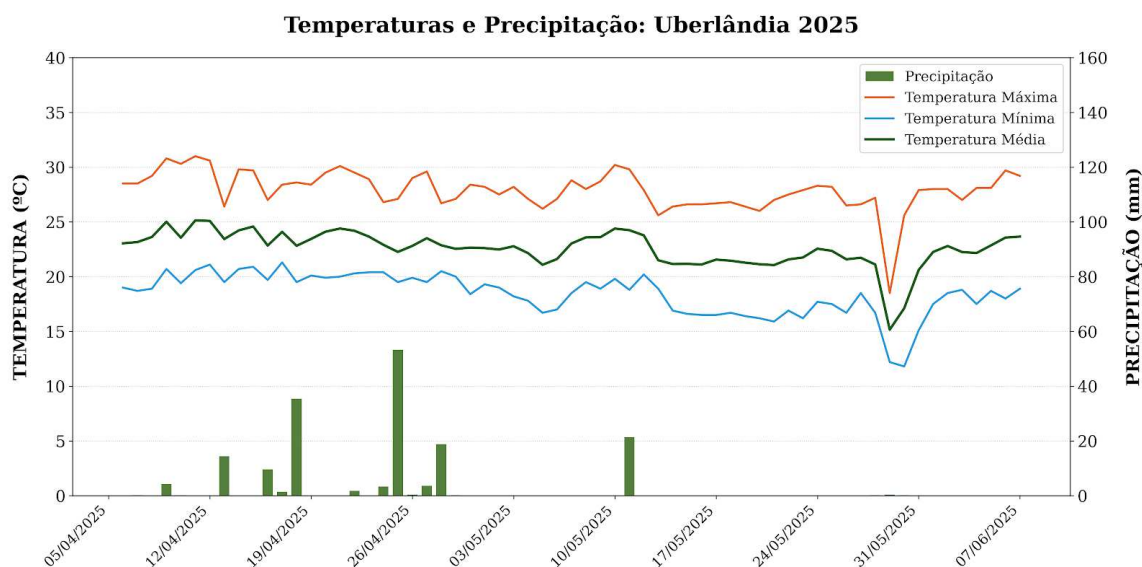


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperaturas na área experimental em 2025.

Como o plantio foi realizado fora da época de chuvas, foi necessária a utilização da irrigação, que ocorreu a cada dois dias, nos dias sem chuva, com turno de rega de 7,0 mm/hora, durante 1,5 horas. Foram irrigados, no total, 240 mm durante o ciclo da cultura.

A área experimental (Figura 2) possui solo com textura classificada como franco-argilo-arenosa. Antes da instalação do experimento, foi realizada uma análise química do solo, cujos resultados indicaram teores insuficientes de cálcio e magnésio, o que exigiu a correção da acidez e o fornecimento de nutrientes. Para tal, procedeu-se à aplicação a lanço de 5 t ha⁻¹ de calcário e 1,8 t ha⁻¹ de gesso agrícola, seguida da incorporação por meio de gradagem. Além disso, o solo apresentava alto teor de fósforo, mas deficiência de potássio, o que foi corrigido por meio de adubações posteriores.



Figura 2. Área de instalação do experimento (18°57'13", 48°12'34").

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada parcela apresentou dimensões de 2,0 metros de largura por 4,0 metros de comprimento e quatro linhas de sorgo. Entre as parcelas, foi mantido espaçamento de 0,5 metros como faixa de segurança, com o objetivo de minimizar a interferência entre os tratamentos aplicados e possibilitar as avaliações.

Os tratamentos (Tabela 1), em número de cinco, foram delineados em quatro blocos e constituíram-se de formas de aplicação do S-metolachlor, em plante e aplique, e dois tratamentos controle: parcelas sem a interferência de plantas daninhas e sob interferência por todo o ciclo.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos.

Controle	Forma de aplicação
S-metolachlor (1.250 g ha ⁻¹)	Organomineral peletizado (714 Kg ha ⁻¹)
S-metolachlor (1.250 g ha ⁻¹)	Organomineral granulado (384 Kg ha ⁻¹)
S-metolachlor (1.250 g ha ⁻¹)	Pulverizador Costal (CO ₂)
Testemunha sem interferência	Capina manual semanal
Testemunha com interferência	Sem capina

A semeadura do sorgo (híbrido DKB 560) foi efetuada manualmente (Figura 3), utilizando-se a distribuição de 11 sementes por metro. As sementes foram previamente tratadas com os produtos comerciais Benefic® (Fluxofenim 500 a 700 mL por 100 Kg de semente) e Cruiser 600® (tiametoxam 600 g/L).



Figura 3. Semeadura manual do sorgo em abril de 2025.

Para o tratamento referente à aplicação convencional, o S-metolachlor foi aplicado com um pulverizador costal para experimentos, com pressão monitorada por manômetros. O equipamento foi equipado com barra contendo quatro pontas de pulverização do tipo AI XR11002, espaçadas em 0,5 m. A pressão de trabalho foi mantida em $2,02 \text{ kgf cm}^{-2}$, proporcionando volume de calda equivalente a 200 L ha^{-1} . Durante a pulverização, as condições ambientais eram as seguintes: velocidade do vento entre 3 e 10 km/h, temperatura do ar entre 20 e 25 °C e umidade relativa do ar entre 60% e 90%.

Para a aplicação do herbicida em conjunto com os fertilizantes organominerais, previamente, foram calculadas as doses de fertilizante por parcela de forma individual. Em sacos plásticos (3,0 L) foram adicionados os fertilizantes e a quantidade proporcional da calda herbicida, utilizando-se de um borrifador, conforme a simulação (Figura 4). Foram adicionados 10% (v/m) de calda em cada saco plástico, seguida de agitação e repouso por aproximadamente duas horas antes da distribuição a lanço nas parcelas. Previamente, foram realizados testes de absorção de água pelo fertilizante para determinação da quantidade de calda para cada volume de fertilizante por parcela.



Figura 4. Simulação da aplicação da calda herbicida sobre o fertilizante organomineral.

Com relação aos tratos culturais, o experimento foi conduzido conforme o manejo convencional adotado para sorgo granífero na região de Uberlândia-MG. As aplicações preventivas de fungicidas (Figura 5) foram iniciadas aos 20 dias após a emergência das plantas, sendo repetidas a cada 20 dias. As aplicações de inseticidas foram realizadas de forma curativa, de acordo com o nível de infestação de pragas observado.

Além disso, com base na interpretação da análise do solo, definiu-se a realização de duas adubações de cobertura: a primeira com a aplicação de 350 Kg ha^{-1} da fórmula NPK 20-00-20 nos estádios fenológicos V3/V4 e a segunda com 120 Kg ha^{-1} de ureia nos estádios V7/V8.



Figura 5. Aplicação de defensivos nas parcelas com sorgo.

Com relação às avaliações, foram realizadas quatro coletas de dados relacionadas ao controle de plantas daninhas e injúrias causadas à cultura. Os dados foram coletados aos 10, 17, 24 e 31 dias após o plantio (ou aplicação do herbicida).

Para avaliações de injúrias (fitointoxicação), as plantas da área útil da parcela (Figura 6) foram avaliadas de acordo com os sintomas característicos do S-metolachlor em gramíneas. Foi utilizado o método proposto pela EWRC (European Weed Research Council) (1964), que, a partir de uma análise visual, sugere o uso de notas de 0 a 100, sendo 0% nenhuma injúria, 1–10% injúria muito leve, 11–30% injúria, 31–60% injúria moderada, 61–90% injúria severa, 100% morte da planta.



Figura 6. Panículas da área útil da parcela protegidas.

A eficiência de controle das plantas daninhas foi avaliada por meio de escala visual, com percentual variando de 0 a 100%, conforme metodologia proposta por SBPCPD (1995). Como se trata de um herbicida pré-emergente, a avaliação foi realizada em função das plantas daninhas que emergiam e da apresentação de algum sintoma do S-metolachlor. Nota de 0% corresponde à ausência de controle, indicando emergência e crescimento de plantas daninhas de forma idêntica à testemunha sem herbicida; por outro lado, as notas acima de 90 indicam mais de 90% de controle, com o solo basicamente sem a ocorrência de plantas daninhas.

A colheita foi realizada manualmente; as panículas foram cortadas no metro quadrado central da parcela. Em seguida, os cachos foram secos em ambiente aberto até atingirem umidade próxima de 13%. Após a secagem, os grãos foram retirados manualmente das panículas para determinação da produtividade conforme equações:

$$\text{Peso corrigido} = \frac{\text{Peso obtido} \times (100 - U_{\text{atual}})}{(100 - U_{\text{padrão}})}$$

$$U_{\text{atual}} = \text{Umidade medida (\%)}$$

$$U_{\text{padrão}} = \text{Umidade padrão (13\%)}$$

$$\text{Produtividade (kg/ha)} = \frac{\text{Peso corrigido (kg)}}{\text{Área da parcela (m}^2\text{)}} \times 10.000$$

No momento da colheita, a biomassa das plantas daninhas, nas parcelas úteis, foi determinada por meio da coleta das plantas e secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 5 °C até peso constante (72 horas). Posteriormente, o material foi pesado em uma balança de precisão.

Os dados, após digitados, foram submetidos à análise de variância. Quando constatada a significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio de software estatístico (SISVAR).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou efeito significativo dos tratamentos para as variáveis controle de plantas daninhas, produtividade e biomassa de plantas daninhas ($p \leq 0,05$), evidenciando a influência das diferentes formas de aplicação do S-metolachlor.

O S-metolachlor prejudicou as plantas de sorgo. Isso se deve à proteção conferida pelo *safener* fluxofenim. Em trabalhos realizados por Machado et al. (2016) e Pimentel et al. (2022), foi verificado que S-metolachlor promove cerca de 53% de injúrias no sorgo quando as sementes não são tratadas com um *safener*. Por outro lado, Silva et al. (2014) destacam o poder protetor dos safeners em sorgo, quando relatam produtividade igual à testemunha sem S-metolachlor quando as sementes são tratadas com o *safener*.

O fluxofenim atua como um protetor fisiológico na cultura do sorgo, aumentando a seletividade ao herbicida S-metolachlor por meio da indução de mecanismos de desintoxicação metabólica na planta. Esse composto estimula a atividade de enzimas, como a glutathione S-transferase (GST), responsáveis pela conjugação do herbicida com moléculas endógenas, resultando em compostos menos tóxicos e de mais fácil degradação e compartimentalização nos tecidos vegetais. Dessa forma, o sorgo apresenta maior capacidade de metabolizar o herbicida, reduzindo os efeitos fitotóxicos sem comprometer o controle de plantas daninhas. Além disso, o uso do fluxofenim, especialmente no tratamento de sementes, favorece o estabelecimento inicial da cultura, minimizando injúrias nas fases iniciais de desenvolvimento (Silva, 2007).

Com relação ao controle de plantas daninhas, o S-metolachlor, aplicado por meio do pulverizador costal, proporcionou altos níveis de controle, variando de 80% a 100%. Porém, ao ser misturado com os fertilizantes, foi observada queda no controle de plantas daninhas, especialmente a partir da segunda avaliação. Ao final do período de avaliação, as notas de controle eram próximas de 90% para a aplicação convencional e de 50% para as demais (Figura 7).

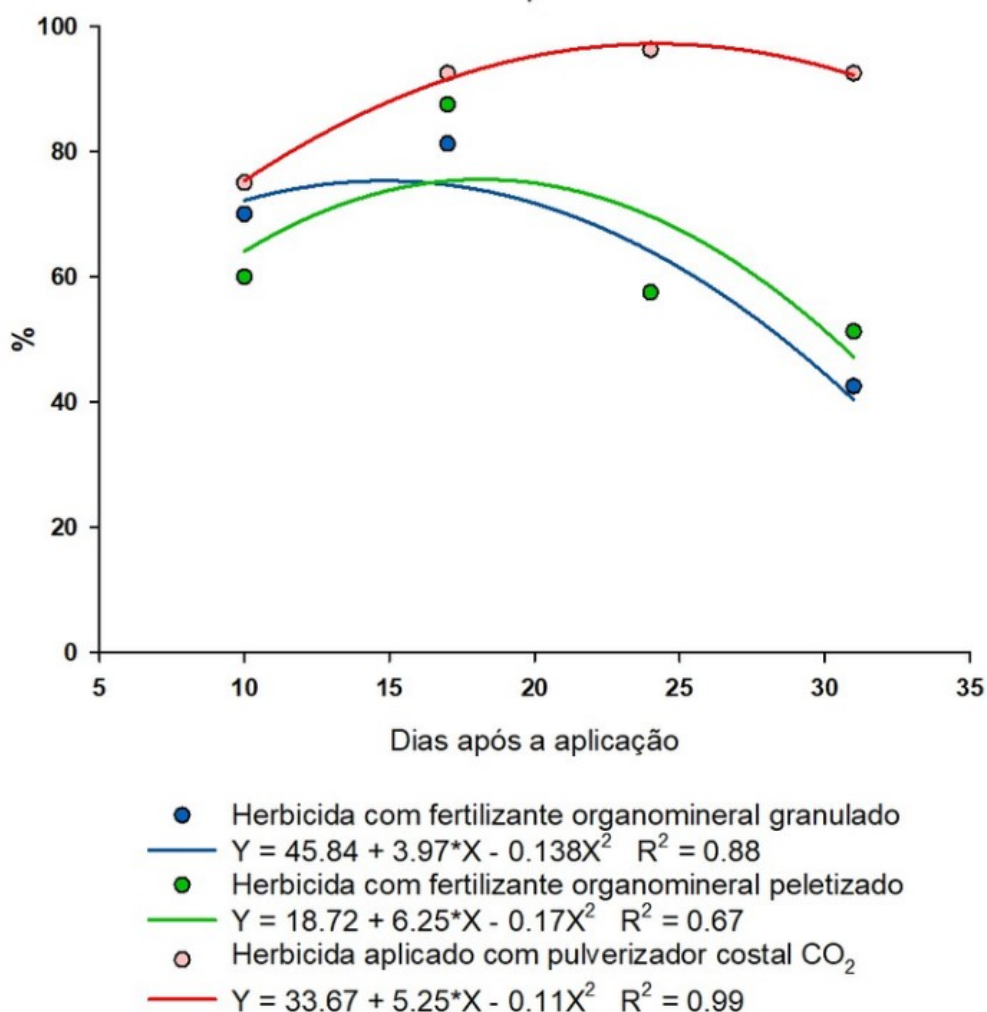


Figura 7. Evolução do controle de plantas daninhas (SBCPD, 1995) por S-metolachlor após a aplicação por três métodos em plante e aplique no sorgo.

A variação observada nos resultados de controle pode estar associada à distribuição heterogênea do fertilizante organomineral utilizado como veículo para aplicação do herbicida S-metolachlor. No sistema plante e aplique, a eficiência da distribuição do herbicida passa a depender diretamente da uniformidade de deposição do fertilizante na superfície do solo. Entretanto, a aplicação de fertilizantes granulados pode apresentar variações na faixa de distribuição em função de características físicas do produto, regulação do equipamento e condições operacionais, resultando em áreas com maior ou menor deposição do material (Amado et al., 2007). Dessa forma, locais que receberam menor quantidade de fertilizante podem ter recebido também menores concentrações do herbicida, o que pode ter reduzido a eficiência no controle das plantas daninhas.

Outro fator que pode ter contribuído para esse comportamento foi o elevado volume de precipitação registrado na área experimental após a aplicação dos tratamentos (Figura 1), Herbicidas aplicados em pré-emergência, como o S-metolachlor, apresentam mobilidade moderada no solo e podem ser deslocados pela água, especialmente quando ocorrem chuvas intensas logo após a aplicação (Oliveira Jr. et al., 2011). Nessas condições, a combinação entre a distribuição irregular do fertilizante e altos volumes de chuva pode ter favorecido o carreamento do herbicida antes que ocorresse a distribuição uniforme na superfície do solo, resultando em variações na concentração do produto ao longo da área experimental.

Esse comportamento pode explicar parte da variabilidade observada nos resultados, uma vez que herbicidas aplicados em pré-emergência dependem da formação de uma camada uniforme do produto na superfície do solo, responsável por interceptar as plântulas das plantas daninhas durante a emergência. Dessa forma, alterações na distribuição do herbicida ou sua movimentação excessiva no perfil do solo podem comprometer a eficiência do controle das espécies infestantes (Oliveira Jr. et al., 2011).

Com relação aos dados de produtividade do sorgo, a manutenção de plantas daninhas nas parcelas promoveu redução de 39% em relação às parcelas com a aplicação de S-metolachlor via pulverizador costal. Os valores de produtividade nas parcelas com S-metolachlor, aplicado via fertilizante organomineral peletizado ou granulado, foram iguais à aplicação com pulverizador costal (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade (Kg ha^{-1}) do sorgo e biomassa seca (Kg ha^{-1}) de plantas daninhas após a aplicação de S-metolachlor em três formas.

S-metolachlor	Produtividade	Biomassa de plantas daninhas
Com fertilizante organomineral peletizado	7.717 AB	1.485 AB
Com fertilizante organomineral granulado	7.110 AB	1.721 AB
Com pulverizador costal	8.905 A	612 A
Testemunha com interferência	5.425 B	3.783 C
Testemunha sem interferência	6.624 AB	2.033 B
<i>CV (%)</i>	<i>16,3</i>	<i>25,7</i>

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, são iguais de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

Vale destacar que a biomassa de plantas daninhas, ao final do experimento, foi seis vezes maior nas parcelas sob interferência em relação às parcelas tratadas com

herbicidas via pulverizador costal. Além disso, a biomassa de plantas daninhas nas parcelas com organomineral foi equivalente àquela encontrada nas parcelas com a pulverização costal e nas testemunhas sem interferência. A menor produtividade observada na testemunha com interferência está diretamente relacionada à competição exercida pelas plantas daninhas ao longo do período, especialmente no início do ciclo (Cabral et al., 2013).

A presença de biomassa de plantas daninhas nas parcelas com uso do herbicida pode estar associada à reinfestação proveniente do banco de sementes do solo, bem como à emergência tardia favorecida pelas condições ambientais, especialmente pela ocorrência de precipitação após a aplicação dos tratamentos. Além disso, a eficiência de herbicidas pré-emergentes depende da formação de uma camada uniforme do produto no solo, podendo ser comprometida por distribuição irregular ou movimentação no perfil do solo, conforme discutido por Oliveira Jr. et al. (2011).

Por fim, a ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos com S-metolachlor, tanto para produtividade quanto para biomassa de plantas daninhas, indica que, apesar das diferenças numéricas, as formas de aplicação apresentaram eficiência semelhante dentro das condições experimentais, possivelmente em função da variabilidade inerente aos experimentos de campo, evidenciada pelos coeficientes de variação observados.

5. CONCLUSÕES

O sorgo apresentou baixa sensibilidade ao herbicida S-metolachlor, não sendo observadas injúrias às plantas, independentemente da forma de aplicação, evidenciando potencial para uso da aplicação via fertilizante organomineral.

O controle de plantas daninhas pelo S-metolachlor, aplicado em mistura com o fertilizante organomineral peletizado ou granulado, foi equivalente à aplicação com pulverizador costal nos primeiros dias após a pulverização.

A aplicação do S-metolachlor via fertilizante organomineral está relacionada à diminuição do poder residual de controle do herbicida ao longo do período após a pulverização.

6. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; MENEZES, C. B.; FREITAS, R. S. **Origem, evolução e domesticação do sorgo**. In: MENEZES, C. B. (Ed.). *Melhoramento genético de sorgo*. Brasília, DF: Embrapa, 2021.
- ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1998.
- ALVES, G. S. *et al.* **Estudo econômico do cultivo de soja e sorgo safrinha**. *Revista Agrotecnologia*, v. 10, n. 2, p. 47–56, 2019.
- ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação**. Campinas: Linea Creativa, 2010.
- AMADO, T. J. C. *et al.* **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo**. Santa Maria: UFSM, 2007.
- CABRAL, P. H. R. *et al.* **Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 308–314, 2013.
- CAMARENA DE LA CRUZ, H. **Interação da mistura de herbicidas e fertilizantes foliares no controle de *Urochloa decumbens* e *Amaranthus hybridus***. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2023.
- CHAGAS, F. P. **Interação entre substâncias húmicas e herbicidas no manejo de plantas daninhas**. 2019. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.
- GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. **Ensaio e certificação das máquinas de mobilização do solo**. In: MIALHE, L. G. *Máquinas agrícolas: ensaio e certificação*. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 463–514.
- GAZZIERO, D. L. P. **Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil**. *Planta Daninha*, v. 33, n. 1, p. 83–92, 2015.
- HATZIOS, K. K. **Herbicide safeners: an overview**. *Zeitschrift für Naturforschung C*, v. 46, p. 819–827, 1991.
- MACHADO, F. G. *et al.* **Performance de herbicidas no controle de plantas daninhas no sorgo**. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 15, n. 3, p. 281–289, 2016.
- MAGALHÃES, P. C. *et al.* **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2000.
- MALAVOLTA, E. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002.

- O'CONNELL, P. J.; HARMS, C. T.; ALLEN, J. R. F. **Metolachlor and S-metolachlor in weed management**. Crop Protection, v. 17, n. 3, p. 207–212, 1998.
- OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011.
- REETZ JUNIOR, H. F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017.
- RIBAS, P. M. *et al.* **Sorgo: introdução e importância econômica**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003.
- SARTO, M. V. M. *et al.* **Crescimento do sorgo em função da adubação organomineral**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28., 2010.
- SERRANO, J. *et al.* **Aplicação de fertilizantes: tecnologia, eficiência energética e ambiente**. Revista de Ciências Agrárias, v. 37, n. 3, p. 270–279, 2014.
- SILVA, J. R. V. **Avaliação do fluxofenim nas culturas do sorgo, trigo e arroz como protetor ao herbicida S-metolachlor**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- SILVA, J. R. V. *et al.* **Fluxofenim em sementes de sorgo como protetor ao herbicida S-metolachlor**. Bioscience Journal, v. 30, p. 158–167, 2014.
- SOUZA NETO, C. J. **Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas pré-emergentes na cultura do sorgo**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2020.
- SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995.
- TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. **Effects of application of organomineral fertilizers**. Agronomy Journal, v. 97, p. 960–967, 2005.
- VIRGINIO, G. L. **Influência do uso de herbicidas sob as características de crescimento e produção do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2014. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2014.
- ZEMOLIN, C. R. *et al.* **Destino ambiental do S-metolachlor: uma revisão**. Planta Daninha, v. 32, p. 655–664, 2014.
- EWRC. **Report of the 3rd and 4th meetings of the EWRC Committee of Methods in Weed Research**. Weed Research, v. 4, p. 88–94, 1964.