

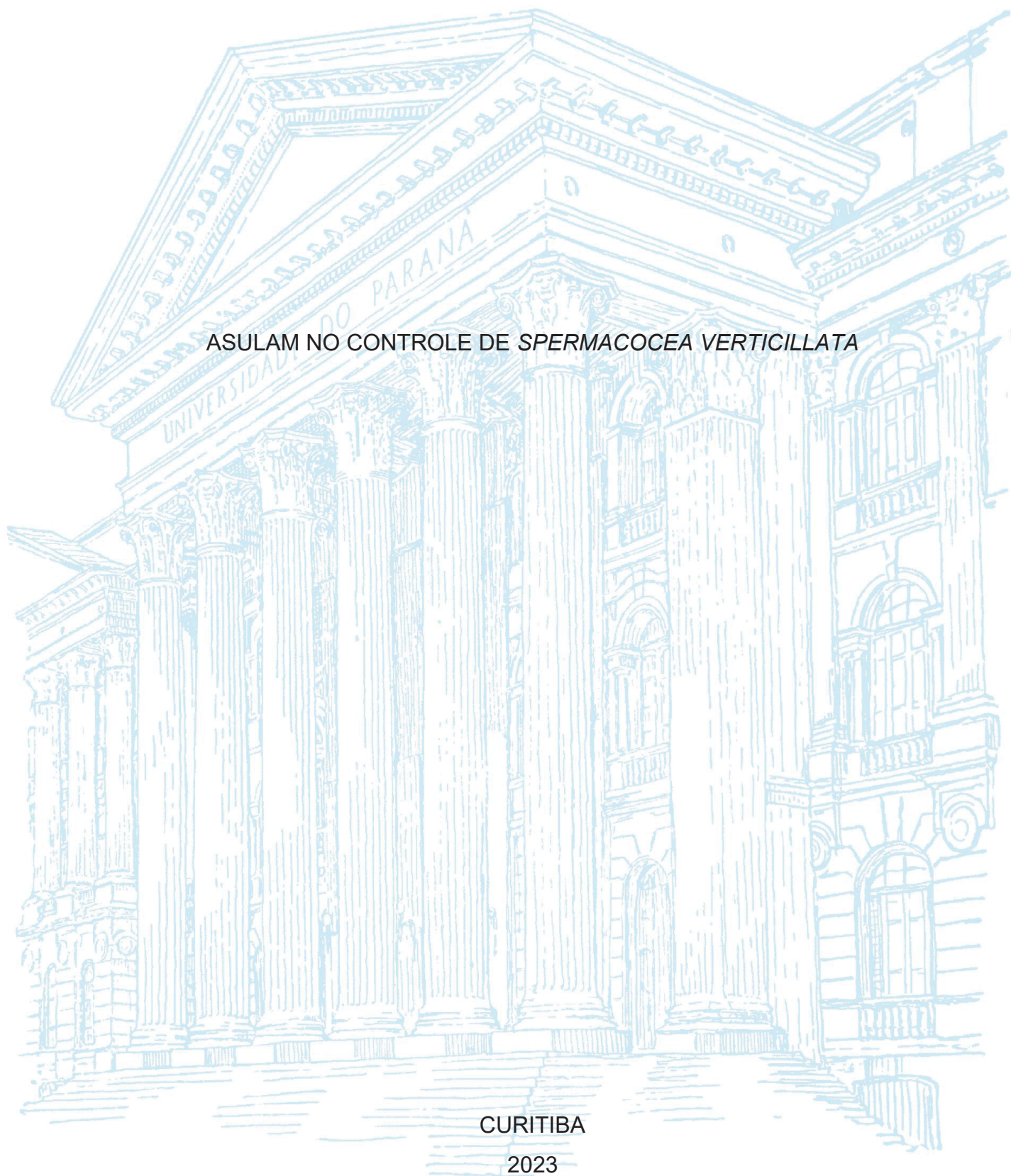
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DIEGO HENRIQUE MENDES COSTA

ASULAM NO CONTROLE DE *SPERMACOCEA VERTICILLATA*

CURITIBA

2023



DIEGO HENRIQUE MENDES COSTA

ASULAM NO CONTROLE DE *SPERMACOECA VERTICILLATA*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fitossanidade, Setor de Ciência Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Arrobas Martins Barroso

CURTIBA

2023

A minha esposa e aos meus pais,
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me conceder saúde e por iluminar todos os meus passos durante esta caminhada.

A minha esposa pelo apoio do dia a dia.

A todos os amigos da UPL que contribuíram para que me desenvolvesse profissionalmente e pessoalmente.

A UPL do Brasil pela oportunidade de estar cursando a pós-graduação enquanto exerço minha profissão.

A organização da Pós-Graduação em Fitossanidade, Setor de Ciência Agrárias, Universidade Federal do Paraná pela excelente experiência e conhecimentos transmitidos durante o período do curso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Arthur Arrobas Martins Barroso pelas contribuições e aprendizados durante o curso.

A todos os professores que colaboraram com o meu aprendizado durante toda a minha formação acadêmica.

A todos que de alguma forma colaboraram para a minha trajetória até aqui, os meus mais sinceros agradecimentos.

“O cientista não é quem fornece as verdadeiras respostas;
é quem faz as verdadeiras perguntas”.
(CLAUDE LÉVI-STRAUSS)

RESUMO

Nas últimas safras, tem-se tornado cada vez mais presente plantas de *S. verticillata* conhecida como vassourinha-de-botão em regiões produtoras do Cerrado e são poucos herbicidas que apresentam eficácia sobre esta planta. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficácia do ingrediente ativo asulam no controle da *S. verticillata* em diferentes estágios fenológicos. Para isso, conduziu-se um experimento em campo utilizando delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial (3x3)+1, com três doses de asulam (750 g ia ha⁻¹; 1.500 g ia ha⁻¹ e 2.250 g ia ha⁻¹) aplicados em 3 estágios fenológicos: 2-4 folhas verdadeiras; (caracterizando uma aplicação em pós-emergência inicial); 4-8 folhas verdadeiras (pós-normal) e no terceiro quando as plantas se encontravam em pleno florescimento (pós-tardia); e um tratamento sem aplicação, com quinze repetições, no município de Rio Verde – GO em Abril de 2023. O controle visual de plantas foi avaliado em porcentagem de 0 a 100% aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA) e na última avaliação foram coletadas as partes aéreas das plantas nas parcelas e realizado o peso de matéria seca, que posteriormente foi convertido para redução da matéria seca em relação ao tratamento sem aplicação. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente, no software R, pela análise de variância, e suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. O asulam provocou decréscimo na biomassa seca da parte aérea quando aplicado em estágios de 2-4 folhas e 4-8 folhas sendo as maiores reduções na dose a partir de 1.500 g ia ha⁻¹. Para aplicações realizadas no florescimento não houve diferença na redução no crescimento entre as doses de asulam. O estágio de aplicação de 2-4 folhas se mostrou mais sensível a aplicação de asulam. O asulam apresentou controle lento de *S. verticillata* onde foram observados efeitos relevantes de controle após 21 DAA. Novos estudos se fazem necessários para entender a performance de asulam em condições de alta umidade e temperatura assim como no manejo de aplicações sequenciais e em combinação com outros herbicidas.

Palavras-chave: vassourinha-de-botão; asulam; estágio de desenvolvimento.

ABSTRACT

In recent seasons, plants of *S. verticillata* known as buttonweeds have become increasingly present in producing regions of the cerrado and there are few herbicides that are effective to control this plant. Therefore, this work aimed to evaluate the effectiveness of the active ingredient asulam in the control of *S. verticillata* in different phenological stages. For this, a field experiment was conducted using a randomized block design in a factorial scheme (3x3)+1, with three doses of asulam (750 g ai ha⁻¹; 1,500 g ai ha⁻¹ and 2,250 g ai ha⁻¹). 1) applied in 3 phenological stages: 2-4 true leaves; (characterizing an initial post-emergence application); 4-8 true leaves (post-normal) and on the third when the plants were in full bloom (post-late); and treatment without application, with fifteen repetitions, in Rio Verde – GO (april, 2023). The visual control of plants was assessed in percentages from 0 to 100% at 7, 14, 21, 28, and 35 days after application (DAA), and in the last evaluation collected plants from the plots were carried out with the dry matter weight, which later it was converted to dry matter reduction in relation to the treatment without application. The data obtained were analysed statistically, in the R software, by analysis of variance, and their means were compared by Tukey's test at 5% probability. Asulam caused a decrease in the dry biomass of the aerial part when applied in stages of 2-4 leaves and 4-8 leaves, with the greatest reduction in the dose from 1,500 g ai ha⁻¹. For applications performed in the flowering stage, there was no difference in the reduction between the doses of asulam. The application stage at 2-4 stages was more sensitive to asulam. Asulam showed slow control of *S. verticillata* where relevant control effects were observed after 21 DAA. New studies are needed to understand the performance of asulam in conditions of high humidity and temperature as well as in the management of sequential applications and in combination with other herbicides.

Keywords: buttonweed, asulam, stage of development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estágios fenológicos de aplicação de <i>S. verticillata</i> , a) 2-4 folhas desenvolvidas, b) 4-8 folhas desenvolvidas, c) florescimento.....	15
Figura 2. Efeito de asulam aos 35 DAA em <i>S. Verticillata</i> aplicado no estágio 2-4 folhas desenvolvidas, a) sem aplicação b) asulam 750 g ia ha ⁻¹ , c) asulam 1.500 g ia ha ⁻¹ , c) asulam 2.250 g ia ha ⁻¹	19
Figura 3. Efeito de asulam aos 35 DAA em <i>S. Verticillata</i> aplicado no estágio 4-8 folhas desenvolvidas, a) sem aplicação b) asulam 750 g ia ha ⁻¹ , c) asulam 1.500 g ia ha ⁻¹ , c) asulam 2.250 g ia ha ⁻¹	20
Figura 4. Figura 5. Efeito de asulam aos 35 DAA em <i>S. Verticillata</i> aplicado no estágio de florescimento, a) sem aplicação b) asulam 750 g ia ha ⁻¹ , c) asulam 1.500 g ia ha ⁻¹ , c) asulam 2.250 g ia ha ⁻¹	21
Figura 5. Dados meteorológicos de temperatura durante a condução do experimento. FONTE: Estação meteorológica Weather Link – MRE Agropesquisa - Rio Verde – GO (2023).	22
Figura 6. Dados meteorológicos de precipitação e umidade relativa durante a condução do experimento. FONTE: Estação meteorológica Weather Link – MRE Agropesquisa - Rio Verde – GO (2023).	22

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância referente a redução de biomassa seca (RB) da parte aérea de *S. verticillata*.17
- Tabela 2.** Médias redução da matéria seca RB (%) de parte aérea plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam em diferentes estágios de aplicação aos 35 dias após aplicação (DAA).18
- Tabela 3.** Médias do controle visual (%) de plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam no estágio de 2-4 folhas desenvolvidas, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA).19
- Tabela 4.** Médias do controle visual (%) de plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam no estágio de 4-8 folhas desenvolvidas, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA).20
- Tabela 5.** Médias do controle visual (%) de plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam no estágio de florescimento, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA).21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	15
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	16
4.3 APLICAÇÃO DOS HERBICIDAS.....	16
4.4 COLETA DE DADOS.....	16
4.5 ANÁLISE DOS DADOS	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6. CONCLUSÕES	23
7. REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

Plantas daninhas podem ser definidas como plantas que crescem em qualquer ambiente onde são indesejadas devido aos diversos problemas que causam tanto a produtividade agrícola e aos custos de produção; quanto a sua interferência relacionadas as atividades humanas como à manutenção da integridade de reservas ambientais, ao aumento dos riscos com acidentes em rodovias, ferrovias e hidrovias, à integridade de ambientes aquáticos e à geração de energia elétrica (PITELLI et al., 2015).

Estima-se que a perda causada por essas plantas seja de 20% no total de alimentos produzidos no mundo. Em países com grande produção de grãos como Estados Unidos já causaram prejuízos da ordem de 28 bilhões de dólares na safra 2015/2016 e no Brasil estima-se que o custo médio para o seu controle varia entre 120 e 236 reais por hectare (ADEGAS et al., 2017; SOLTANI et al., 2016; SILVA et al., 2007; OERKE, 2006).

O controle químico é o método mais utilizado em sistemas de produção agrícola no mundo (ZIMDAHL, 2013). Para isto utiliza-se de produtos químicos, como os herbicidas; que podem ser substâncias de origem natural ou biológica (como aquelas derivadas de aleloquímicos) ou sintéticas (normalmente orgânicos), que podem ser denominadas genericamente de agrotóxicos (como na legislação brasileira), pesticidas, defensivos agrícolas, produtos fitossanitários e fitofármacos. Os herbicidas podem atuar a nível metabólico e fisiológico, na germinação, ou o crescimento da plântula, ou no desenvolvimento do vegetal adulto (SILVA et al., 2021).

Várias espécies de plantas daninhas podem causar prejuízos ao sistema produtivo dentre as de grande importância econômica nas Américas, destaca-se a *Spermacoce verticillata* L. da família Rubiaceae popularmente conhecida como vassourinha-de-botão que tem maior ocorrência em áreas de pastagens nativas e em áreas de produção de grãos em sistema de plantio direto (LORENZI, 2008). As espécies das plantas daninhas pertencentes à família Rubiaceae são importantes para a cultura da soja por ser de difícil controle e com alta capacidade de gerar infestações em áreas agricultáveis; com relatos de tolerância ao glifosato em diferentes estados do Brasil (GAZZIERO et al., 2015), se tornando problema principalmente em operações de dessecação pré-plantio da soja (FADIN, 2017).

Devido à importância crescente *S. verticillata* ao longo dos anos e ao escape de plantas desta espécie ao controle de herbicidas, novos estudos de controle desta espécie com herbicidas de diferentes mecanismos de ação e os fatores que podem influenciar no seu controle precisam ser feitos.

2. OBJETIVOS

Avaliar a eficiência do ingrediente ativo asulam como alternativa no controle de *S. verticillata* em diferentes estágios fenológicos da planta.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A cultura da soja é cultivada especialmente nas regiões Centro Oeste e Sul do país, que se firmou como um dos produtos mais destacados da agricultura nacional e na balança comercial. Atualmente o Brasil é o maior de soja do mundo e a produção total deverá ser na ordem de 153 milhões de toneladas produzidas na safra de 2022/2023 com aumento de 13% em relação à safra anterior 21/22; as exportações de soja somadas, do ano de 2023, segundo a Secretaria de Comércio Exterior (Secex), estão estimadas em 93,3 milhões de toneladas, no mesmo período de 2022, as exportações eram cotadas em 78,9 milhões de toneladas, demonstrando uma variação de 19% (CONAB, 2023).

No entanto, vários fatores podem interferir na obtenção da máxima produtividade da cultura, destacando-se a presença de plantas daninhas com grande capacidade de reduzir seu potencial produtivo (OERKE, 2006). A espécie *Spermacoe verticillata* (L.) conhecida como vassourinha-de-botão é considerada uma dentre as daninhas de controle difícil e com grande ocorrência em áreas de produção de soja e de cana-de-açúcar, principalmente nos estados de Goiás, Piauí, Maranhão e Bahia (PACHECO et al, 2016; LOURENÇO, 2018). É parte da Família Rubiaceae e pertencente ao gênero *Spermacoce*, com ciclo de vida perene, podendo atingir 80 cm de altura; possui reprodução exclusiva por sementes, porte herbáceo, caule ramificado e raiz pivotante; também é considerada planta muito rústica com capacidade de tolerar solos ácidos e pobre em nutrientes (PIER, 2016;

KISSMANN; GROTH, 2000). Plantas dessa espécie já foram relatadas na literatura como causadoras de prejuízos em culturas, decorrente a competição entre plantas por fatores como água, nutrientes, espaço e luz; sendo que até 6 plantas/m² pode acarretar perdas de produtividade 25% na cultura da soja (LOURENÇO 2018).

Atualmente existem apenas 6 ingredientes ativos que são registrados para o controle desta espécie, sendo eles glufosinato de amônio, saflufenacil e misturas como picloram + diuron + hexazinona e diclosulan + halauxifen, o que é limitante para o controle desta espécie em diferentes culturas (MAPA, 2023). Diversos fatores podem afetar o sucesso no controle desta planta daninha entre um dos mais importantes está o estágio de desenvolvimento no momento aplicação dos herbicidas o que justifica a baixa de eficiência de glifosato onde no estágio de florescimento, plantas de *S. verticillata* apresentam absorção mais lenta e plantas com 4-6 folhas absorvem menores quantidades do herbicida. A forma como os herbicidas transloca na planta pode se ter contribuição grande na eficiência de herbicidas desta espécie; para o glifosato a translocação é facilitada em plantas novas ou velhas, principalmente influenciada pela translocação acima do ponto de aplicação; a translocação às raízes maior e mais rápida para plantas em menor estágio vegetativo de desenvolvimento (FADIN, 2017).

Aplicações em plantas pequenas, de 2-4 folhas, com até 10 cm, são consideradas de fácil controle, porém não foram eficazes em controlar a espécie os herbicidas 2,4-D, chlorimuron-ethyl, carfentrazone-ethyl, s-metolachlor e saflufenacil. (FADIN, 2017). Em alguns casos plantas em estágio inicial com 2-4 folhas, apresentaram tolerância ao herbicida glifosato e ao paraquat (CHUAH et al., 2005).

Para aplicações em plantas mais desenvolvidas, em torno de 20 centímetros (4-6 folhas e plantas em estágio de florescimento) herbicidas como chlorimuron-ethyl, s-metolachlor, carfentrazone-ethyl e a mistura glifosato + carfentrazone-ethyl não apresentaram controle satisfatório, no entanto a aplicação de glifosato, 2,4-D e paraquat resultaram em menores controles percentuais em plantas em estágios de florescimento (FADIN, 2017).

Plantas em maior estágio de desenvolvimento, de forma geral apresentam maior tolerância a aplicação de herbicidas aplicados em pós-emergência. Como forma de evitar pressão de seleção de plantas resistentes, outras opções de herbicidas com diferentes mecanismos de ação devem ser utilizadas, adotando

sempre que possível a rotação desses herbicidas (MARTINS; CHRISTOFFOLETI, 2014).

Asulam é um herbicida do grupo químico sulfanilicarbamato sendo altamente solúvel em água, relativamente volátil com baixo risco de lixiviação para as águas subterrâneas. Não é persistente nos solos, mas pode ser persistente na água. Como modo de ação inibe a dihidropteroato (DHP) sintase, uma enzima envolvida na biossíntese do ácido fólico, resultando na inibição de proteínas e aminoácidos, utilizado para o controle gramíneas de folhas largas anuais e perenes (STEPHEN et al. 1980; VEERASEKARAN et al. 1981).

Os sintomas da aplicação de asulam são clorose em folhas jovens e atrofia da planta, seguida de necrose; os pontos de crescimento geralmente são mortos em uma a duas semanas após aplicação, enquanto as folhas mais velhas envelhecem mais lentamente. O Asulam é facilmente absorvido pela folhagem quando pós-aplicado; menos por raízes quando aplicado no solo, sendo móvel tanto no xilema quanto no floema, translocando-se para os pontos de crescimento seguindo a absorção por raízes ou folhas. Em algumas gramíneas perenes, na aplicação foliar, o asulam se transloca para o sistema radicular, causando a morte de botões de rizoma dormentes. A taxa de absorção foliar é aumentada pelo uso de um agente umectante ou adjuvante de óleo, mas é diminuída por baixa temperatura e baixa umidade após o tratamento e a penetração foliar máxima ocorre entre 25 e 35°C. (SENSEMAN, 2007).

Asulam tem seu uso em pós emergência nas doses de 1,12 a 4 kg de ia ha⁻¹ em cana-de-açúcar para controle de muitas plantas daninhas incluindo *Sorghum halepense*, e em pastagens e florestas locais de controle de *Rumex spp.* e *Pteridium aquilinum*; em culturas como alfafa, linho e chicória é utilizado em pós-emergência nas doses de 0,8-1,6 kg ia ha⁻¹. Controla de forma geral muitas folhas largas anuais e perenes e outras espécies, bem como algumas samambaias perenes (SENSEMAN, 2007). No Brasil atualmente possui registro para cana-de-açúcar no controle de gramíneas (MAPA, 2023).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado na Estação Experimentação da MRE Agropesquisa em Rio Verde – GO, Brasil (latitude de 17° 55' 28.00" S, longitude de 51° 08' 42.00" O, e altitude de 760 m). Local com classificação climática do tipo Aw (clima tropical - Köppen), com verão quente e chuvoso e inverso seco; a precipitação média anual varia entre 1.200 e 1.400 mm concentrada nos meses de outubro a abril; com temperatura média mensal de 23,4°C.

O solo do local, de média, apresentava no momento da condução do experimento, 28,0% de argila, 8,0% de silte e 26,2% de areia. Possuía as seguintes propriedades químicas: pH em CaCl₂: 4,8 e saturação de bases de 58,5%.

No dia 15 de abril de 2023, foi instalado o experimento em área de pós-colheita de soja com alta infestação de *S. verticillata*. Nesta área foram demarcadas 15 parcelas para cada tratamento de 2 metros de largura por 3 m de comprimento, totalizando 60 parcelas; em cada parcela foi marcada uma planta de cada estágio de desenvolvimento 2-4 folhas verdadeiras; (caracterizando uma aplicação em pós-emergência inicial); 4-8 folhas verdadeiras (pós-normal) e no terceiro quando as plantas se encontravam em pleno florescimento (pós-tardia) (Figura 1).

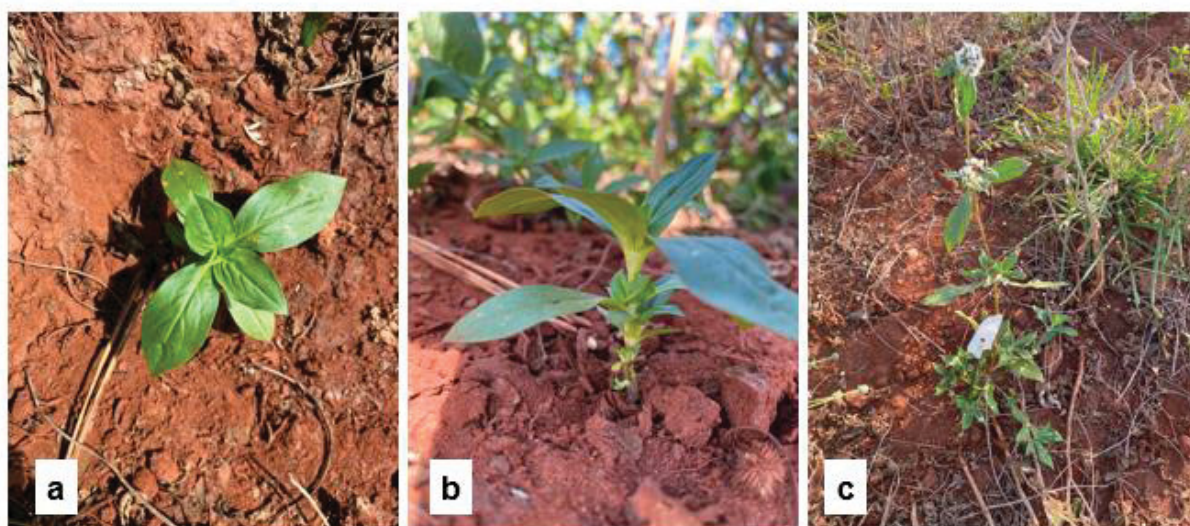


Figura 1. Estágios fenológicos de aplicação de *S. verticillata*, a) 2-4 folhas desenvolvidas, b) 4-8 folhas desenvolvidas, c) florescimento.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O ensaio foi conduzido em fatorial $3 \times 3 + 1$ sendo três estágios fenológicos de aplicação; três doses do ingrediente ativo asulam (750 g ia ha^{-1} ; $1.500 \text{ g ia ha}^{-1}$ e $2.250 \text{ g ia ha}^{-1}$) mais o tratamento sem aplicação; com (15) quinze repetições, sendo cada planta de cada estágio constituindo uma repetição.

4.3 APLICAÇÃO DOS HERBICIDAS

Os tratamentos com herbicidas foram aplicados, usando um pulverizador costal pressurizado a CO_2 equipado com uma barra manual de 3 m com seis pontas de jato plano AXI 110.02 em espaçamento de 50 cm, calibrados para fornecer 150 L ha^{-1} de calda de pulverização por hectare na pressão de $2,5 \text{ kgf cm}^{-2}$. Em todos os tratamentos foi adicionado óleo metilado de soja a 0,5% v/v. A aplicação ocorreu a 50 cm do alvo, iniciando-se as 8:00 com término as 8:35, as condições climáticas durante aplicação foram: temperatura de $24,2^\circ\text{C}$; umidade relativa de 67%, velocidade do vento de $0,8 \text{ km h}^{-1}$.

4.4 COLETA DE DADOS

Aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA), foi realizada avaliação de o controle visual individual de cada de planta comparada com a plantas da Testemunha (0% - sem controle a 100% - morte completa da planta), e aos 35 DAA a biomassa verde acima do solo foi colhida de cada planta separadamente.

Posteriormente as plantas foram secas em estufa de ar forçado a 60°C e o peso (g de biomassa seca) foi convertido em % de redução de biomassa (RB) de acordo com a testemunha não tratada como segue a fórmula (MONQUEIRO et al., 2001):

$$\text{RB} = 100 - \left[\frac{(\text{biomassa seca de plantas tratadas (g por planta)})}{(\text{biomassa seca do tratamento sem aplicação (g por planta)})} \right] \times 100.$$

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Para análise dos dados foram aplicados os testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, utilizando-se dos softwares R 3.4.4 (R CORE TEAM, 2018) usando o pacote ExpDes.pt 1.1.2. (FERREIRA, et al., 2013). Verificado os pressupostos da análise de variância os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial (3x3+1) em blocos casualizados para redução de biomassa seca; para porcentagem de controle os dados separados por estágio de desenvolvimento e analisados em delineamento em blocos casualizados. Posteriormente os tratamentos foram comparados utilizando teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a redução de biomassa seca da parte aérea de *S. verticillata* (Tabela 1), houve diferenças significativas tanto para a dose de asulam, estágio de aplicação e para interação dose de asulam e estágio de aplicação.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a redução de biomassa seca (RB) da parte aérea de *S. verticillata*.

Fatores	G.L	S.Q	Q.M	F	P
Dose	2	10890,22	5445,11	96,57*	<0,0001
Estágio	2	19913,71	9956,857	176,586*	<0,0001
Dose x Estágio	4	2307,793	576,9482	10,232*	<0,0001
CV (%)					11,74

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV= coeficiente de variação.

O asulam provocou decréscimo na biomassa seca da parte aérea de *S. verticillata*, em todos os estágios aplicados. Em estágios de 2-4 folhas e 4-8 folhas houve diferença significativa entre a dose de asulam empregada sendo mais efetiva a dose a partir de 1500 g ia ha⁻¹, enquanto aplicações realizadas no florescimento não acarretou diferença significativa entre as doses de asulam. Independente da dose de asulam utilizada no estágio de aplicação de 2-4 folhas a redução de

biomassa seca foi maior com diferença significativa do que os estágios 4-8 folhas e florescimento (Tabela 2).

Tabela 2. Médias redução da biomassa seca (RB) % de parte aérea plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam em diferentes estágios de aplicação aos 35 dias após aplicação (DAA).

Tratamento	Dose	Estágios de crescimento		
	g i a ha ⁻¹	2-4 folhas	4-8 folhas	Florescimento
Asulam*	750	76,0 bA	39,9 bB	37,9 aB
	1.500	82,1 aA	60,0 aB	39,7 aB
	2.250	85,1 aA	62,3 aB	42,7 aB

*Letras maiúsculas comparam as médias de cada tratamento dentro de cada estágio de aplicação (leitura horizontal), letras minúsculas comparam as médias de cada estágio de aplicação dentro de cada respectiva dose aplicada de asulam (leitura vertical). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *adicionado óleo metilado de soja a 0,5% v/v.

Fadin (2017) observaram que em doses maiores de glifosato entre 1.440 e 2.400 g ea ha⁻¹ reduziram significativamente a matéria seca de plantas de *S. verticillata* com até 6 folhas. Resultados semelhantes foram observados por Lourenço (2018), Andrade Junior (2020) onde verificaram decréscimos significativos na matéria seca da parte aérea quando se utilizou glifosato isolado em e mistura com glufosinato aplicados em plantas em estágios iniciais, corroborando com os resultados encontrados na Tabela 2 onde demonstrou que plantas de 2 - 8 folhas foram mais sensíveis ao herbicida e ao aumento de dose, enquanto em plantas mais velhas não houve uma resposta a dose e se demonstraram menos sensíveis.

Na avaliação de porcentagem de controle visual em plantas de *S. verticillata* aplicadas nos estágios de 2-4 folhas; foi possível observar que aos 7 e 14 dias após aplicação, asulam se mostrou pouco efetivo, embora com diferença significativa entre as doses onde a dose a partir de 750 g i a ha⁻¹ apresentou menor controle em relação as demais; a partir de 21 DAA os níveis de controle melhoraram, no entanto, sem diferença significativa entre as doses utilizadas. Aos 28 e 35 DAA as doses de asulam de 1.500 e 2.250 g ia ha⁻¹ obtiveram controle significativamente superior a dose de 750 g i a ha⁻¹ alcançando níveis de controle entre 67,7 e 70,3 % respectivamente (Figura 2).

Tabela 3. Médias do controle visual (%) de plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam no estágio de 2-4 folhas desenvolvidas, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA).

Tratamento	Dose	Intervalos de avaliação				
	g ia ha ⁻¹	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Asulam*	750	3,8 b	16,7 b	37,3 a	44,7 b	54,3 b
	1.500	5,7 a	18,7 a	39,7 a	52,0 a	67,7 a
	2.250	6,3 a	21,3 a	42,7 a	58,3 a	70,3 a
CV (%)		38,2	21,28	14,75	14,38	13,55

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *adicionado óleo metilado de soja a 0,5% v/v.

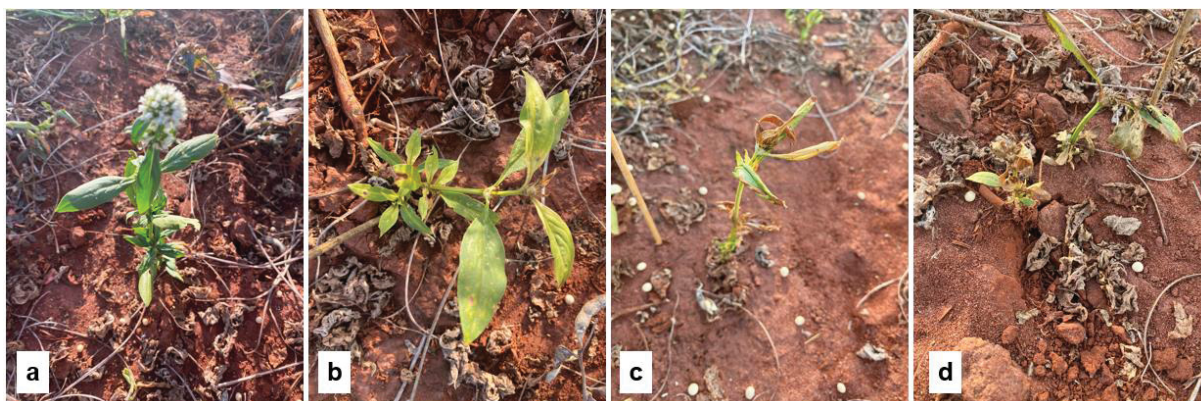


Figura 2. Efeito de asulam aos 35 DAA em *S. Verticillata* aplicado no estágio 2-4 folhas desenvolvidas, a) sem aplicação b) asulam 750 g ia ha⁻¹, c) asulam 1.500 g ia ha⁻¹, c) asulam 2.250 g ia ha⁻¹.

Com relação a porcentagem de controle em estágios de 4-8 folhas; aos 7 DAA houve diferença significativa entre as doses de asulam sendo as duas maiores doses 1.500 e 2.250 g ia ha⁻¹, no entanto em níveis muito baixos de controle. Aos 14 DAA a dose de 2.250 g ia ha⁻¹ foi significativamente superior as demais. Aos 21 e 28 DAA houve aumento em níveis de controle em relação as avaliações anteriores, sendo as doses mais efetivas de 1.500 e 2.250 g ia ha⁻¹. Porém aos 35 DAA houve diferença significativa entre todas as doses utilizada, onde o maior controle foi observado na dose de 2.250 g ia ha⁻¹ (56,7%) (Figura 3).

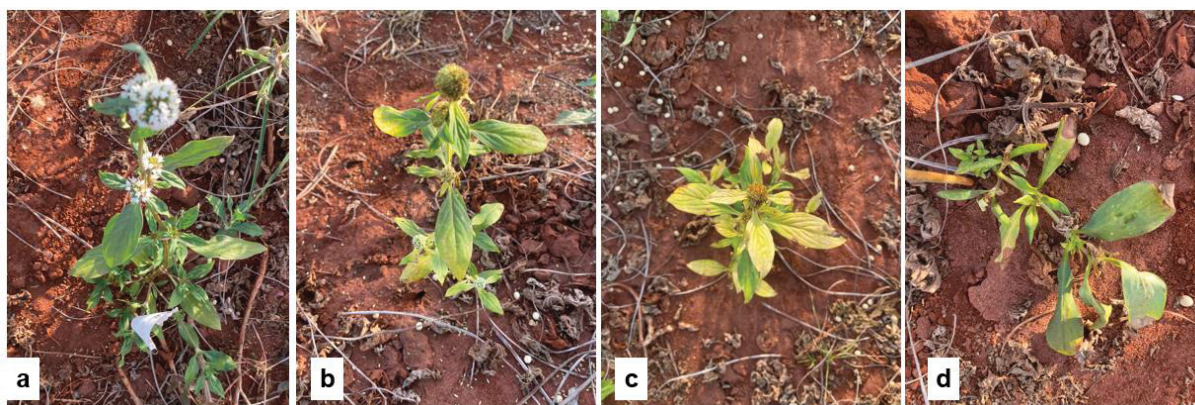


Figura 3. Efeito de asulam aos 35 DAA em *S. Verticillata* aplicado no estágio 4-8 folhas desenvolvidas, a) sem aplicação b) asulam 750 g ia ha⁻¹, c) asulam 1.500 g ia ha⁻¹, c) asulam 2.250 g ia ha⁻¹.

Em outro trabalho, Semidey e Almodóvar, (1986) realizando aplicação de asulam a 1.120 e 1.496 g ia ha⁻¹ para o controle *Sorghum halepense*, *Digitaria sp.*; *Agrositis sp.* e *Echinochloa colona* em cana-de-açúcar aplicado 4 semanas após o plantio, concluíram que asulam a 1.120 g i a ha⁻¹ foi ineficiente, atingindo níveis satisfatório de controle com a dose de 1.496 g ia ha⁻¹.

Tabela 4. Médias do controle visual (%) de plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam no estágio de 4-8 folhas desenvolvidas, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA).

Tratamento	Dose	Intervalos de avaliação				
	g i a ha ⁻¹	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Asulam*	750	1,6 b	8,00 b	25,3 b	35,7 b	34,7 c
	1.500	5,1 a	6,40 b	27,3 a	41,3 ab	49,7 b
	2.250	6,5 a	15,3 a	32,7 a	46,3 a	56,7 a
CV (%)		46,31	42,78	19,01	15,44	13,6

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *adicionado óleo metilado de soja a 0,5% v/v

No controle de visual de plantas aplicadas no estágio de florescimento os níveis de controle foram baixos até aos 35 DAA (Figura 4). Em relação as doses de asulam somente houve diferença significativa aos 21 DAA onde a maior 2.250 g ia ha⁻¹ se diferiu estatisticamente das demais.

Tabela 5. Médias do controle visual (%) de plantas de *S. verticillata* submetidas à aplicação de diferentes doses do herbicida asulam no estágio de florescimento, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA).

Tratamento	Dose	Intervalos de avaliação				
	g i a ha ⁻¹	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Asulam*	750	1,1 a	4,7 a	7,3 b	25,1 a	31,3 a
	1.500	1,7 a	4,5 a	8,1 b	25,7 a	41,6 a
	2.250	1,8 a	5,6 a	11,4 a	25,3 a	43,0 a
CV (%)		20,65	41,39	33,07	6,82	12,35

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *adicionado óleo metilado de soja a 0,5% v/v

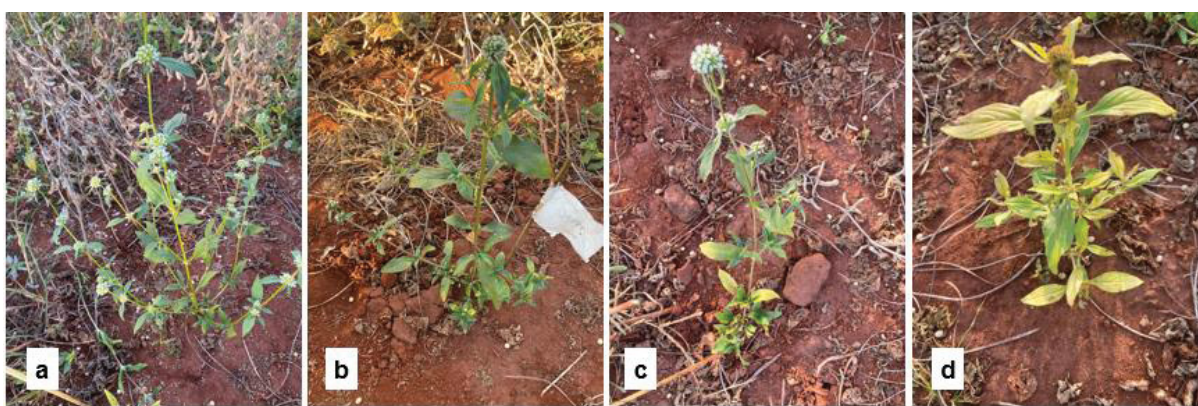


Figura 4. Figura 5. Efeito de asulam aos 35 DAA em *S. Verticillata* aplicado no estágio de florescimento, a) sem aplicação b) asulam 750 g i a ha⁻¹, c) asulam 1.500 g i a ha⁻¹, c) asulam 2.250 g i a ha⁻¹.

O efeito lento no controle *S. verticillata* em todos os estágios de aplicação de asulam pode estar ligado diretamente a forma como esse ingrediente ativo atua na planta; uma vez inibindo a enzima envolvida na biossíntese do ácido fólico acarreta a inibição de proteínas e aminoácidos (STEPHEN et al. 1980; VEERASEKARAN et al. 1981); logo após inicia a o aparecimento dos sintomas com o desenvolvimento lento de clorose, crescimento atrofiado de novos tecidos e senescência lenta de folhas mais velhas (DUKE; DAYAN, 2011).

Como a maioria dos herbicidas que atuam em síntese de aminoácidos como glifosato por atuarem em um processo metabólico da planta os sintomas aparentes apenas ocorrem a partir do terceiro e quinto dia após aplicação desenvolvendo vagarosamente os sintomas de injúrias e causando a paralisação do crescimento da planta causando a morte da planta entre 14 e 21 dias após aplicação (MARCHI, 2008). Plantas daninhas pequenas que estejam em pleno desenvolvimento são mais sensíveis a asulam devido a permitir melhor absorção de

herbicida, favorecendo o movimento para pontos de crescimento (WEED MANUAL, 2021).

Outro fator a se considerar foram as condições climáticas durante a condução do experimento, após aplicação ocorreu períodos longos com temperaturas abaixo de 20 °C, umidade de relativa próxima a de 60% e com única precipitação de 12,7 mm 5 dias após aplicação (Figuras 2 e 3). A performance de asulam pode ser afetada negativamente com chuvas após 3 horas, em condições de umidade abaixo de 80%, solo com pouca umidade e plantas daninhas estressadas (WEED MANUAL, 2021).

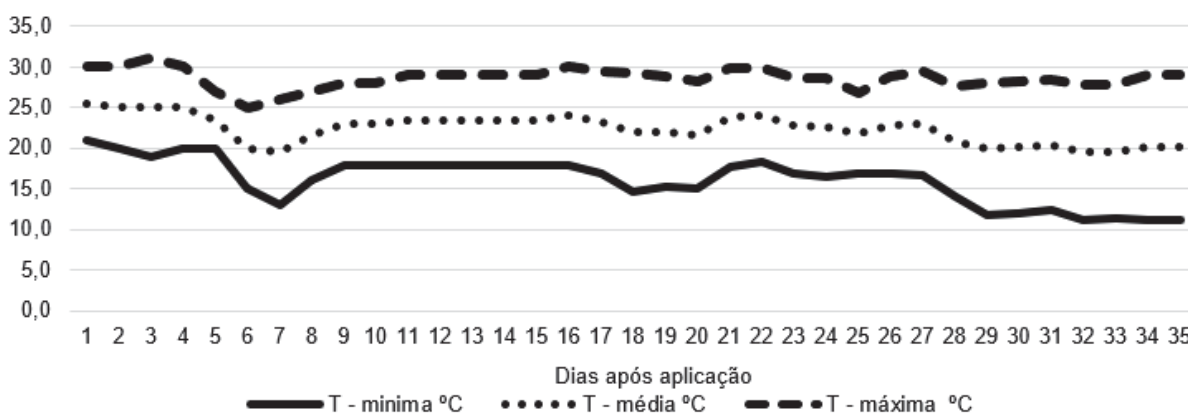


Figura 5. Dados meteorológicos de temperatura durante a condução do experimento. FONTE: Estação meteorológica Weather Link – MRE Agropesquisa - Rio Verde – GO (2023).

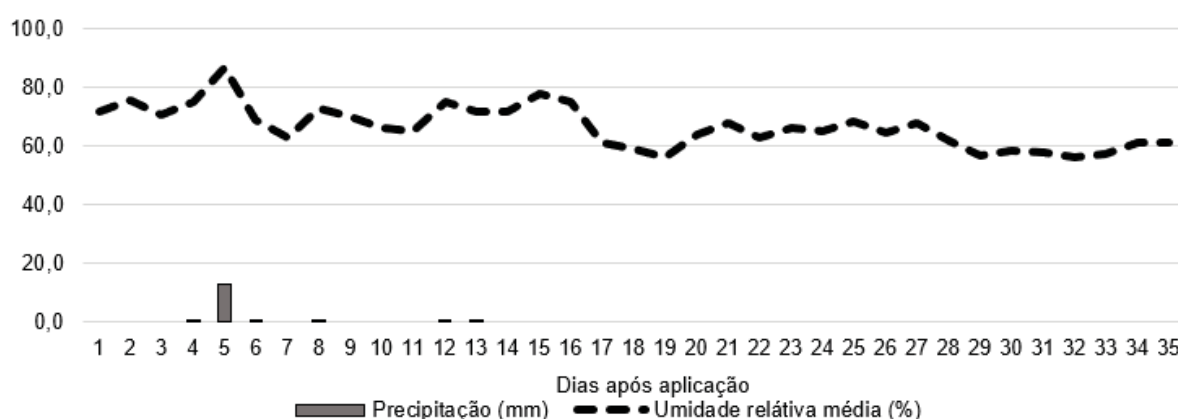


Figura 6. Dados meteorológicos de precipitação e umidade relativa durante a condução do experimento. FONTE: Estação meteorológica Weather Link – MRE Agropesquisa - Rio Verde – GO (2023).

Os níveis de baixo de controle pode ser um indicativo de que o controle de *S. verticillata* em manejo outonal pode ser insuficiente devido as condições climáticas que ocorrem neste período em regiões produtoras no cerrado. Novos estudos fazem se necessário para entender a dinâmica deste herbicida no em condições de verão com altas temperaturas e elevados índices de umidade.

6. CONCLUSÕES

No presente trabalho, asulam nas doses de 1.500 e 2.250 g ia ha⁻¹ foram as que apresentaram maiores controle e redução de biomassa seca de *S. verticillata* quando aplicado nos estágios de 2-4 folhas e 4-8 folhas desenvolvidas. Para aplicações em estágio tardio (florescimento) embora houvesse aumento em níveis de controle conforme se aumentava a dose de asulam; para a redução de biomassa seca não houve reposta a dose.

Asulam aplicado em *S. verticillata* apresenta efeito de forma lento na planta, sendo observado níveis controle relevantes a partir de 21 dias após aplicação. Devido ao baixo controle observado novos estudos fazem se necessário para entender a dinâmica deste herbicida em condições de verão com altas temperaturas e elevados índices de umidade; assim como estudar a eficiência deste herbicida em aplicações sequenciais e em combinação com outros ingredientes ativos.

7. REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; VARGAS, L. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. **Embrapa**, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1074026>. Acesso em: 20/05/2023.

ANDRADE, C. M. S. et al. **Reforma de pastagens com alta infestação de capim navalha (*Paspalum virgatum*)**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2012. p. 14.

CHUAH, T. S. et al. Paraquat and glyphosate resistance in woody borerria (*Hedyotis verticillata*) growing at oil palm plantations in Terengganu, Malaysia. Malaysia **Applied Biology**, v. 34, p. 43-49, 2005.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Disponível: https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_03_13_14_15_33_grao_. Acesso em: 20/04/2023.

DUKE, S. O., DAYAN, F.E; Agricultural and Related Biotechnologies. In **Comprehensive Biotechnology-Bioactivity of herbicides**. 2. Ed. Waterloo -CA, p. Murray Moo-Young. 2011 p. 23-35.

FADIN, D. A. **Aspectos da biologia e do controle químico de *Spermacoce verticillata* I**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras.

GAZZIERO, D. L. P. et al. **Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja**. 2. ed. Embrapa Soja, 2015. p. 101-107.

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

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. p. 588.

LOURENÇO, M. F. C. **Manejo Químico de Vassourinha de Botão (*Spermacoce sp.*) na Cultura da soja**. 2018. 57 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Proteção de Plantas) - Instituto Federal Goiano, Urutaí.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento MAPA**, 2023. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/!ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=7530&p_tipo_janela=NEW. Acesso em: 02/02/2023.

MARTINS, B. A. B, CHRISTOFFOLETI, P. J. Herbicide efficacy on *Borreria densiflora* control in pre- and post-emergence conditions. **Planta Daninha**. n. 32, p. 817-825, 2014.

MARCHI, G. et al. **Herbicidas: mecanismo de ação e uso**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 2018. p. 35.

MONQUEIRO et al., Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.3, p.375-380. 2001.

OERKE, E. C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**, v. 144, p.31-43, 2006.

PACHECO L. P. et al. Sistemas de produção no controle de plantas daninhas em culturas anuais no Cerrado Piauiense. **Revista Ciência Agronômica**. n. 47, p. 500-508, 2016.

PIER. Pacific Island Ecosystems at Risk. Honolulu, **USA: HEAR, University of Hawaii**. 2016, Disponível em: <http://www.hear.org/pier.html>. Acesso em: 20/05/2023.

PITELLI, R. A. O termo planta-daninha. **Planta Daninha**, Viçosa, n. 3, v. 33, p. 622-623, 2015.

SEMIDEY, N; ALMODÒVAR, L. Asulam and Other Postemergence Herbicides for sugarcane. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 70, p. 235–243, 1986.

SENSEMAN, S. A. Asulam. In: SENSEMAN, S. A. **Herbicide handbook**. 9. Ed. Weed Science Society of America, 2007. p. 248-249.

SILVA, A. A. et al. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: UFV, 2007. p. 17-61.

SILVA, A. F. M. et al. Introdução à ciência de plantas daninhas. In: MARTINS, A.A; MURATA, A. T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. 1. ed. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. p. 8-9.

SOLTANI, N. et al. Potential Corn Yield Losses from Weeds in North America. **Weed Technology**, n. 30, v.4, p. 979-984, 2016.

STEPHEN, N. H. et al. A possible mechanism of action of asulam involving folic acid biosynthesis. **Ann. App. Biol.** n. 96, p. 227-234. 1980.

VEERASEKARAN, P. et al. Studies of the mechanism of action of asulam in plants. Part I: antagonistic interaction of asulam and 4-amino-benzoic acid. **Pesticide Science**. n. 12, p. 325–329. 1981.

WEED MANUAL. **Weed management manual**. Disponível: https://sugarresearch.com.au/sugar_files/2021/12/Weed-Management-. Acesso em: 20/06/2023.

ZIMDAHL, R. **Fundamentals of weed science**. New York: Academic Press, p. 666, 2013.