

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**Eficiência no controle químico de acessos de *Sporobolus*
indicus oriundos do Estado de São Paulo**

Arthur Nardi Campalle
Engenheiro Agrônomo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**Eficiência no controle químico de acessos de *Sporobolus
indicus* oriundos do Estado de São Paulo**

Arthur Nardi Campalle

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

Coorientador: Dr. Heytor Lemos Martins

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

C186e	Campalle, Arthur Nardi Eficiência no controle químico de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> oriundos do Estado de São Paulo / Arthur Nardi Campalle. -- Jaboticabal, 2026 118 p. : il., tabs., mapas Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves Coorientador: Heytor Lemos Martins 1. Capim-capeta. 2. Dose resposta. 3. Fitointoxicação. 4. Eficiência técnico econômica. 5. Forrageiras tropicais. I. Título.
-------	--



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFICIÊNCIA NO CONTROLE QUÍMICO DE ACESSOS DE *Sporobolus indicus* ORIUNDOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

AUTOR: ARTHUR NARDI CAMPALLE

ORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

COORIENTADOR: HEYTOR LEMOS MARTINS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente
HEYTOR LEMOS MARTINS
Data: 27/07/2026 10:33:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pós-Doutorando HEYTOR LEMOS MARTINS (Participação Presencial)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
ANA CLÁUDIA RUGGIERI
Data: 27/07/2026 14:18:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. ANA CLÁUDIA RUGGIERI (Participação Presencial)
Departamento de Zootecnia / UNESP / Câmpus de Jaboticabal - FCAV



Documento assinado digitalmente
RENATA THAYSA DA SILVA SANTOS
Data: 27/07/2026 10:55:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. RENATA THAYSA DA SILVA SANTOS (Participação Virtual)
Universidade do Estado do Pará (UEPA) / Marabá/PA

Jaboticabal, 24 de julho de 2026.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ARTHUR NARDI CAMPALLE é natural de São Paulo, SP (07/03/2000). Coursou o ensino fundamental e o ensino médio em Ribeirão Preto, SP. Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal (UNESP/FCAV), no ano de 2023. Em 2024 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal). Desde 2021 vem desenvolvendo pesquisas na área de Matologia, com ênfase em biologia e manejo de plantas daninhas em pastagens, junto ao Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA), participando e organizando de eventos científicos na mesma área de pesquisa.

Apoio Financeiro

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Presença de <i>Sporobolus indicus</i> no território nacional. Fonte: Base cartográfica: geobr/IBGE.	27
Figura 2. Dados climatológicos da área experimental durante o período de estudo.	43
Figura 3. Cidades escolhidas com base em fatores edafoclimáticos contrastantes para as coletas.	44
Figura 4. Resposta dos acessos de <i>Sporobolus indicus</i> ao hexazinona no estágio E1 aos 14 e 35 DAA.	50
Figura 5. Resposta dos acessos de <i>Sporobolus indicus</i> ao hexazinona no estágio E2 aos 14 e 35 DAA.	51
Figura 6. Massa seca de raiz de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> em resposta a doses do hexazinona nos estádios E1 e E2.	52
Figura 7. Massa seca da parte aérea de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> em resposta a doses do hexazinona nos estádios E1 e E2.	53
Figura 8. Resposta dos acessos de <i>Sporobolus indicus</i> ao cletodim no estágio E1 aos 14 e 35 DAA.	54
Figura 9. Resposta dos acessos de <i>Sporobolus indicus</i> ao cletodim no estágio E2 aos 14 e 35 DAA.	55
Figura 10. Massa seca de raiz de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> em resposta a doses de cletodim nos estádios E1 e E2.	56
Figura 11. Massa seca da parte aérea de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> em resposta a doses de cletodim nos estádios E1 e E2.	57
Figura 12. Resposta dos acessos de <i>Sporobolus indicus</i> ao glifosato no estágio E1 aos 14 e 35 DAA.	58
Figura 13. Resposta dos acessos de <i>Sporobolus indicus</i> ao glifosato no estágio E2 aos 14 e 35 DAA.	59
Figura 14. Massa seca raízes de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> em resposta a doses de glifosato nos estádios E1 e E2.	60
Figura 15. Massa seca da parte aérea de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> em resposta a doses do glifosato nos estádios E1 e E2.	61

Figura 16. AUC relativa do controle químico durante os 35 dias após aplicação.	62
Figura 17. Dados climatológicos da área experimental durante todo o período de estudo.	73
Figura 18. Fitointoxicação de <i>Megathyrsus maximum</i> , <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Urochloa brizantha</i> e <i>Urochloa decumbens</i> em resposta às doses de cletodim, aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA).	80
Figura 19. Fitointoxicação de <i>Megathyrsus maximum</i> , <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Urochloa brizantha</i> e <i>Urochloa decumbens</i> em resposta às doses de hexazinona, aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA).	81
Figura 20. Fitointoxicação de <i>Megathyrsus maximum</i> , <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Urochloa brizantha</i> e <i>Urochloa decumbens</i> em resposta às doses de glifosato, aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA).	82
Figura 21. Dados climatológicos da área experimental durante o período de estudo.	100
Figura 22. Cidades escolhidas com base em fatores edafoclimáticos contrastantes para as coletas.	101
Figura 23. AUC relativa do controle químico durante os 35 dias após aplicação	106
Figura 24. Dose mínima funcional para o controle de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> com cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2.	108
Figura 25. Custo mínimo funcional para o controle de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> com cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2.	109
Figura 26. Índice de Velocidade de Controle normalizado (IVC, %) de acessos de <i>Sporobolus indicus</i> submetidos à aplicação de cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2.	110
Figura 27. Eficiência técnica-econômica funcional (ETE) dos acessos de <i>Sporobolus indicus</i> submetido à aplicação de cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2.	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise química e física do substrato utilizado nas parcelas experimentais, Jaboticabal, SP.....	45
Tabela 2. Tratamentos experimentais realizados no controle dos nove acessos de capim-capeta.....	45
Tabela 3. Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas.....	47
Tabela 4. Resultado da análise química e física das áreas de <i>C. dactylon</i> , <i>M. maximum</i> , <i>U. decumbens</i> e <i>U. brizantha</i>	73
Tabela 5. Tratamentos experimentais realizados em <i>C. dactylon</i> , <i>M. maximum</i> , <i>U. decumbens</i> e <i>U. brizantha</i>	74
Tabela 6. Escala de notas de EWRC (1964) adotada para avaliação de fitotoxicidade de produtos.....	75
Tabela 7. Teor de matéria seca definitiva (% MS) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.....	83
Tabela 8. Teor de proteína bruta (%) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.....	84
Tabela 9. Teor de matéria mineral (% MS) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.....	85
Tabela 10. Produtividade de matéria seca (kg MS ha ⁻¹) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.....	86
Tabela 11. Resultado da análise química e física do substrato utilizado nas parcelas experimentais, Jaboticabal, SP.....	102
Tabela 12. Tratamentos experimentais realizados no controle dos nove acessos de capim-capeta.....	102
Tabela 13. Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas.....	104

Sumário

RESUMO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
1. INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Importância das pastagens e o problema da degradação.....	16
2.1.1 Importância das pastagens.....	16
2.1.2 Degradação das pastagens.....	18
2.2 Forrageiras avaliadas e sua relevância para o sistema produtivo	18
2.2.1 <i>Urochloa brizantha</i> (capim-marandu).....	18
2.2.2 <i>Urochloa decumbens</i> cv Basilisk	20
2.2.3 <i>Megathyrus maximus</i> cv. Miyagui	21
2.2.4 <i>Cynodon dactylon</i> (Tifton-85).....	22
2.3 Plantas daninhas em pastagens.....	23
2.4 Biologia, ecologia e impacto de <i>Sporobolus indicus</i>	25
2.5 Controle químico, seletividade e lacunas de pesquisa	28
2.6 Eficácia e custo de herbicidas	29
3 HIPÓTESES	30
4 REFERÊNCIAS	31
CAPÍTULO 2 - DOSE-RESPOSTA DE ACESSOS DE <i>SPOROBOLUS</i>	
<i>INDICUS</i> ORIUNDOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	41
1 INTRODUÇÃO	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1 Análise estatística	47
2.1.1 Regressão	47
2.1.2 Análise exploratória da eficácia acumulada (AUC).....	48
3 RESULTADOS	49
4 DISCUSSÃO	62
5 REFERÊNCIAS	67
CAPÍTULO 3 – SELETIVIDADE DE DOSES DE HERBICIDAS PARA	
FORRAGEIRAS	71
1 INTRODUÇÃO	71
2 MATERIAL E MÉTODOS	72

2.1	Análise estatística	78
2.1.1	Regressão	78
2.1.2	Análise bromatológicas	79
3	RESULTADOS	79
4	DISCUSSÃO	87
5	REFERÊNCIAS	92
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE FINANCEIRA AO CONTROLE QUÍMICO DO		
CAPIM-CAPETA		98
1	INTRODUÇÃO	98
2	MATERIAL E MÉTODOS	99
3	RESULTADOS	105
4	DISCUSSÃO	112
5	REFERÊNCIAS	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS		

Eficiência no controle químico de acessos de *Sporobolus indicus* oriundos do Estado de São Paulo

RESUMO - *Sporobolus indicus* (L.) R.B.(capim-capeta) é uma gramínea infestante de difícil controle em pastagens, devido à elevada capacidade de disseminação, à baixa aceitabilidade pelos animais e semelhança morfofisiológica com espécies forrageiras. Este trabalho avaliou a eficácia e a eficiência econômica do controle químico de acessos de *S. indicus* oriundos de nove regiões edafoclimáticas contrastantes do estado de São Paulo, além da resposta de forrageiras tropicais aos herbicidas estudados. Os acessos foram submetidos a seis doses de cletodim, glifosato e hexazinona, em dois estágios de desenvolvimento, com avaliações de controle durante 35 dias e determinação da biomassa da parte aérea e das raízes. Em campo, *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85, *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui, *Urochloa brizantha* cv. Marandu e *Urochloa decumbens* cv. Basilisk receberam quatro doses dos mesmos herbicidas, sendo avaliadas a fitointoxicação, a produtividade de matéria seca e as características bromatológicas. A análise econômica considerou a eficácia acumulada, a dose e o custo mínimos funcionais, a velocidade de controle e a eficiência econômica. A resposta de *S. indicus* variou conforme o herbicida, a dose, o estágio fenológico e a origem do acesso. O hexazinona causou elevada eficácia em todos os acessos e estágios a partir de 200 g i.a. ha⁻¹, sem rebrota até 35 dias após a aplicação. O glifosato foi mais eficiente no estágio inicial, com destaque para os acessos de São Joaquim da Barra, Jales, Marília e Itapeva, enquanto plantas mais desenvolvidas exigiram maiores doses. O cletodim apresentou resposta mais lenta e variável, principalmente no estágio avançado. Entre as forrageiras, o glifosato causou os maiores danos, enquanto as menores doses de cletodim e hexazinona permitiram recuperação variável entre as espécies, com maior tolerância de *C. dactylon*. As alterações bromatológicas dependeram da espécie e do tratamento, sem padrão consistente de incremento da qualidade da forragem. Economicamente, a hexazinona apresentou o melhor equilíbrio entre eficácia e custo, com custo mínimo funcional de R\$ 18,50 ha⁻¹ na maioria dos tratamentos. O glifosato foi economicamente eficiente em plantas jovens, enquanto o cletodim apresentou maior custo e variabilidade. Assim, para o manejo do capim-capeta deve considerar a origem do acesso, o estágio de desenvolvimento e o posicionamento da dose,

sendo a aplicação em plantas jovens decisiva para maximizar o controle e reduzir os custos.

Palavras-chave: capim-capeta, dose-resposta, fitointoxicação, eficiência técnico-econômica, forrageiras tropicais.

Efficiency of chemical control of *Sporobolus indicus* accessions from the state of São Paulo

ABSTRACT – *Sporobolus indicus* (smutgrass) is an invasive grass that is difficult to control in pastures because of its high dispersal capacity, low palatability to livestock, and morphophysiological similarity to forage grasses. This study evaluated the efficacy and economic efficiency of chemical control of *S. indicus* accessions collected from nine contrasting edaphoclimatic regions of São Paulo State, Brazil, as well as the response of tropical forage grasses to the herbicides tested. The accessions were treated with six rates of clethodim, glyphosate, and hexazinone at two growth stages. Control was evaluated over 35 days, and shoot and root biomass were determined. Under field conditions, *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85, *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui, *Urochloa brizantha* cv. Marandu, and *Urochloa decumbens* cv. Basilisk were treated with four rates of the same herbicides, and phytotoxicity, dry matter yield, and bromatological characteristics were evaluated. The economic analysis considered cumulative control efficacy, minimum functional dose and cost, control speed, and technical-economic efficiency. The response of *S. indicus* varied according to herbicide, dose, growth stage, and accession origin. Hexazinone provided the fastest and most uniform control, with high efficacy for all accessions and growth stages at rates of 200 g a.i. ha⁻¹ or higher, with no regrowth up to 35 days after application. Glyphosate was more effective at the early growth stage, particularly for accessions from São Joaquim da Barra, Jales, Marília, and Itapeva, whereas more developed plants required higher rates. Clethodim showed a slower and more variable response, particularly at the advanced growth stage. Among the forage grasses, glyphosate caused the greatest injury, whereas the lower rates of clethodim and hexazinone allowed variable recovery among species, with greater tolerance observed in *C. dactylon*. Changes in bromatological characteristics depended on the forage species and treatment, with no consistent pattern of improved forage quality. From an economic perspective, hexazinone provided the best balance between efficacy and cost, with a minimum functional cost of R\$18.50 ha⁻¹ in most treatments. Glyphosate was economically efficient when applied to young plants, whereas clethodim showed higher costs and greater variability. Therefore, smutgrass management should consider accession origin, plant growth stage, and dose

positioning, with applications to younger plants being decisive for maximizing control and reducing costs.

Keywords: smutgrass; dose–response; phytotoxicity; technical-economic efficiency; tropical forage grasses.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

As gramíneas forrageiras são a base da alimentação dos ruminantes nos sistemas pecuários e estão presentes em todo o território nacional. Desempenham um papel crucial nos sistemas de produção agrícola brasileiros, sendo capaz de atender às maiores exigências nutricionais dos animais. Além disso, a pecuária é um importante setor para a economia do Brasil, sobretudo pela relevância na criação de empregos e na geração de renda e exportação, auxiliando no incremento do Produto Interno Bruto (PIB) do país.

Nesse cenário, os gêneros *Urochloa*, *Megathyrsus* e *Cynodon*, destacam-se como os gêneros mais utilizados como forrageiras tropicais para os sistemas produtivos, os quais possuem cultivares com capacidade de adaptar a determinadas condições de clima e solo, e quando alinhado à boas práticas de manejo, podem resultar em uma melhor capacidade produtiva de matéria seca da forrageira e maior persistência das mesmas na área, contribuindo para maior taxa de lotação e ganho de peso por animal por área.

Um manejo inexistente ou inadequado referente a exigências relacionadas ao estabelecimento das gramíneas forrageiras pode acarretar redução no número de plantas e atraso no estabelecimento da forrageira, reduzindo a cobertura vegetal da área e favorecendo a infestação de plantas daninhas, que irão competir com a planta forrageira por espaço, luz, água e nutrientes.

As plantas daninhas de ocorrência em pastagens, embora não ocorram em grande diversidade como em outras culturas anuais e perenes, são consequências do manejo inadequado da área e podem resultar em grande impacto negativo no sistema produtivo, principalmente devido a maior dificuldade de controle.

No Brasil, uma das espécies que mais têm causado problemas no sistema produtivo é o capim-capeta (*Sporobolus indicus*), principalmente pela sua baixa aceitabilidade pelo animal e pelas semelhanças morfofisiológicas com as gramíneas forrageiras, o que dificulta ainda mais o seu controle.

No Brasil, são poucos os herbicidas registrados para utilização em pastagens e, com isso, o controle químico do capim-capeta se torna um desafio

ainda maior, especialmente em grandes áreas com infestação. Além disso, a literatura internacional e nacional carece de estudos com diferentes moléculas, diferentes doses de controle e o momento de desenvolvimento ideal da aplicação.

Desta forma, estudos que visam avaliar a eficácia e a seletividade de herbicidas, além do melhor custo-benefício aplicado ao controle do capim-capeta em pastagens são importantes, pois fornecem subsídio para um manejo racional e eficiente dessa planta daninha que vem se disseminando nas pastagens nacionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância das pastagens e o problema da degradação

2.1.1 Importância das pastagens

O Brasil ocupa uma das maiores extensões de terras e destaca-se mundialmente no agronegócio (Junior et al., 2018) e de acordo com o LAPIG (2023), o sistema pecuário ocupa uma área em torno de 179 milhões de hectares, representando 21,12% de todo o território nacional.

Durante os anos de 2012 até 2020, a área de pastagem e o rebanho bovino no país se mantiveram constantes, mas no ano de 2021 a quantidade de animal aumentou aproximadamente 36%, mantendo a área de pasto. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2026), a quantidade de bovinos abatidos é registrada trimestralmente, e comparando o 4º trimestre de 2025 com o 4º trimestre de 2024, foi observado um aumento de aproximadamente 13,5%.

Além disso, o setor pecuário apresenta impacto positivo para a economia do país, e no período de jan-mar/2025, quando comparado ao mesmo período de 2024, em relação ao PIB do agronegócio, o ramo pecuário teve um crescimento de 8,5% (CEPEA, 2026). Da mesma forma, em relação às exportações de carne bovina em 2025, quando comparada a 2024, houve aumento de aproximadamente cinco bilhões de dólares, o que corresponde a crescimento próximo de 40% em relação ao ano anterior (ABIEC, 2026).

Além da relevância territorial, as pastagens apresentam papel decisivo na nutrição animal e na eficiência dos sistemas pecuários. As características da forragem influenciam o consumo e a digestibilidade, sendo a suplementação necessária em situações de limitações nutricionais da dieta (Detmann et al., 2014).

Rapiya et al. (2025) relataram que práticas como o pastejo rotacionado e a fertilização nitrogenada podem reduzir em até 40% os custos com alimentação no inverno, além de aumentar a produtividade das pastagens e o ganho de peso dos animais. Assim, o manejo adequado das pastagens pode favorecer tanto o desempenho animal quanto a eficiência econômica do sistema.

A maior parte da pecuária brasileira é conduzida em sistema extensivo, no qual o gado tem as pastagens nativas e cultivadas como principal fonte de proteína e energia, tendo assim os menores custos de produção de carne bovina no mundo e, conseqüentemente, baixo investimento em tecnologias e insumos (Dias-Filho, 2014), desempenhando um papel crucial no sistema produtivo, responsável por atender cerca de 80% das necessidades nutricionais dos animais (Mozelli Filho et al., 2021). Além disso, no Brasil, há grande potencial de aprimorar a produção animal a pasto, considerando que o nível médio de produtividade ainda é baixo quando comparado ao potencial produtivo existente (Santos e Martuscello, 2022).

Para atingir o máximo potencial produtivo das gramíneas forrageiras, é crucial considerar diversos aspectos relacionados ao processo de implantação, além de um planejamento e estratégia de manejo adequados. Um desses aspectos é a escolha da gramínea forrageira, que deve ser adaptada à região e compatível com o sistema de produção (Macedo et al., 2013). Além disso, devem ser considerados o conhecimento prévio de pragas e doenças, a aceitabilidade da forrageira pelos animais e a complexa relação com os fatores edafoclimáticos da região (Marchi e Martins, 2024).

Outros aspectos importantes incluem o preparo do solo, a correção da acidez e a adubação adequada (Dias-Filho, 2012), bem como o controle efetivo de plantas daninhas (Guimarães et al., 2018), pois, quanto menor for a fertilidade do solo, menor será a capacidade de suporte da forrageira, conseqüentemente mais rápido será o processo de degradação da pastagem (Marchi e Martins, 2024).

2.1.2 Degradação das pastagens

Atualmente no Brasil, a degradação das pastagens tem sido um dos temas mais importantes e relevantes, não sendo restrito apenas ao âmbito agrônomo, mas englobando todo o sistema ambiental e econômico (Dias-Filho, 2023).

Caracterizada pela queda acentuada e contínua da produtividade da pastagem, na qual a área vai perdendo sua capacidade de suporte no decorrer do tempo (Dias-Filho, 2011, 2023), a degradação das pastagens é um tema complexo, pois pode ser causada por diversos fatores, como a escolha inadequada da forrageira para a região, a taxa de lotação animal acima da capacidade da área, eventos extremos, como incêndios, enchentes e períodos de seca prolongados. Esses fatores podem resultar na exposição do solo, tornando a área suscetível ao surgimento de plantas daninhas (Dias-Filho, 2011; Carvalho et al., 2017; Silva et al., 2018).

Segundo Dias-Filho (2011, 2017, 2023), a degradação das pastagens pode ser dividida em dois tipos principais: a “degradação agrícola” e a “degradação biológica”. Na primeira, a degradação é caracterizada pela redução temporária da capacidade produtiva do pasto, devido à competição entre plantas daninhas e forrageiras. Já na degradação biológica, observa-se a redução das capacidades biológicas, físicas e químicas do solo, como, erosão, redução da matéria orgânica e da fertilidade do solo.

Além disso, as pastagens podem ser classificadas em três grupos, de acordo com a produtividade: “não degradada”, “em degradação” ou “degradada”. Essa classificação é realizada com base na relação entre a produtividade da pastagem e outros fatores, por exemplo, cobertura do solo e presença de capim-capeta (Dias-Filho, 2023).

2.2 Forrageiras avaliadas e sua relevância para o sistema produtivo

2.2.1 *Urochloa brizantha* (capim-marandu)

As gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* são capins originários de regiões tropicais e subtropicais, com grande concentração no continente africano

(Valle e Pagliarini, 2009), sendo o gênero mais utilizado nas pastagens brasileiras, com distribuição de aproximadamente 82% no Bioma Cerrado em 2023 (Martins e Marchi, 2024).

Urochloa brizantha cv. Marandu, popularmente conhecida como capim-marandu, é originária do Zimbábue, África, com introdução no Brasil em 1984 pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (Machado et al., 2010; Nunes, 1984). Destaca-se entre as espécies forrageiras tropicais mais utilizadas no Brasil, apresentando aproximadamente 62% das forrageiras que ocupam o Bioma Cerrado em 2023 (Marchi e Martins, 2024).

O capim-marandu se diferencia das demais cultivares por apresentar plantas robustas e com intenso perfilhamento nos nós superiores, presença de pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas com pubescência apenas na face inferior, glabras na face superior e com margens não cortantes, raque sem pigmentação arroxeada, espiguetas ciliadas no ápice, e sementes maiores que as de outras espécies de *Urochloa* spp. (Nunes, 1984).

Em relação à produtividade e à persistência, dependem de práticas de manejo adequadas (Feio et al., 2025). Nesse contexto, destaca-se a importância da adubação nitrogenada durante o estabelecimento do capim-marandu como estratégia para o bom manejo dessa forrageira (Alexandrino, Vaz e Santos, 2010). Trata-se de uma das gramíneas mais utilizadas em pastagens no Brasil, devido à alta produtividade de matéria seca e adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima (Oliveira et al., 2019; Catuchi et al., 2021).

É uma gramínea perene amplamente utilizada no território nacional devido à sua boa capacidade de rebrota, elevada produtividade (Euclides et al., 2019) e adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas. Apresenta hábito de crescimento cespitoso, formando touceiras que chegam a 1,0 m de diâmetro e 1,5 m de altura (Machado et al., 2010), porte alto e elevada tolerância ao pastejo, especialmente quando cultivada em solos de média a alta fertilidade (Nunes, 1984).

Além de sua rusticidade, é uma forrageira que se desenvolve bem em climas tropicais, apresenta boa resistência à seca, sendo uma opção viável para regiões com períodos prolongados de estiagem (Machado et al., 2017). O capim-marandu possui resistência às cigarrinhas típicas das pastagens (*Deois flavopicta* e *Notozulia entreriana*), apresenta boa cobertura do solo, boa capacidade de

competição com plantas daninhas e é responsivo à adubação (Codognoto et al., 2023; Benett et al., 2008; Valle et al., 2004).

O capim-marandu é amplamente utilizado na alimentação de gado de leite e corte, devido ao seu alto valor biológico e nutricional, apresentando teores de 10% a 12% de proteína bruta, dependendo da estação do ano e da condição climática, como períodos de água ou seca (Dupas et al., 2010).

Apesar de suas vantagens, o capim-marandu enfrenta desafios, como a degradação devido ao manejo inadequado da pastagem, problema ainda recorrente no Brasil, além das limitações relacionadas ao cultivo em regiões com solo encharcado, condição que pode ocasionar perda de vigor e favorecer a ocorrência da “morte súbita do braquiário” (Dias-Filho, 2006).

2.2.2 *Urochloa decumbens* cv Basilisk

A *Urochloa decumbens* é a terceira espécie mais cultivada no Bioma Cerrado em 2025, com 13% de distribuição estimada (Marchi e Martins, 2024), originária do continente Africano, levada para a Austrália, na região de Basilisk, a *Urochloa decumbens* cv Basilisk é uma das forrageiras pioneiras cultivadas no Brasil desde a década de 1970, apresentando adaptação à solos ácidos e pobres, além da agressividade de ocupação e competição com espécies nativas e espontâneas (Ferreira et al., 2016) e ao bom desempenho animal comparada às forrageiras nativas (Machado et al., 2010).

É uma planta perene, com estolões longos, roxos, fortemente radicantes nos nós, apresenta colmos decumbentes, radicante nos nós, lâminas lineares, semicoriáceas, raque de menos de 1 mm de largura, finamente denticulada e glabra, espiguetas bisseriadas, anteras arroxeadas, e apresenta alta produtividade sob uso intensivo, bom crescimento sob sombra, boa qualidade forrageira (Machado et al., 2010).

Além disso, é uma boa opção de cultivar para a produção de forragem em ambientes semiáridos, dada a sua capacidade de manter o aumento na taxa de acúmulo de forragem e a baixa variabilidade do valor nutricional mesmo em períodos de menor disponibilidade hídrica (Rodrigues et al., 2023; Guenni, Marín e Baruch, 2002), apresentando aproximadamente 9,51% de proteína bruta e 67,6%

de fibra (%FDN), valores que podem variar dependendo de fatores como manejo do pasto, consórcio com outras culturas e sombreamento (Rodrigues et al., 2023; Lima et al., 2018). Tornando-se assim, importante no sistema de produção em ambientes semiáridos brasileiro, no qual é um fator limitante para a produção animal.

Apesar de suas vantagens, a cultivar enfrenta dificuldades e está perdendo espaço de cultivo nos últimos anos, principalmente por apresentar suscetibilidade às cigarrinhas das pastagens, baixa adaptação a solos mal drenados, suscetibilidade à podridão foliar fúngica, difícil erradicação pelo acúmulo de sementes viáveis no solo, além de poder provocar fotossensibilização hepatógena em bovinos (Machado et al., 2010).

2.2.3 Megathyrsus maximus cv. Miyagui

O gênero *Megathyrsus* é amplo e apresenta grande variabilidade genética, incluindo espécies consideradas forrageiras, plantas consideradas daninhas e espécies destinadas à produção de grãos (Zuloaga et al., 2018; Cavers e Kane, 2016). No grupo das forrageiras, está a espécie *Megathyrsus maximum*, que possui papel de destaque no Brasil, sendo um dos gêneros mais utilizados no país, apresentando aproximadamente 16% das forrageiras que ocupam o Bioma Cerrado em 2023 (Marchi e Martins, 2024).

Megathyrsus maximum é uma das espécies pioneiras de gramíneas forrageiras introduzidas no Brasil, amplamente difundida e de grande importância, principalmente em áreas com solos mais férteis (Aronovich, 1995).

Originário da África, o gênero *Megathyrsus maximum* em geral, apresenta boa produtividade e elevado valor nutritivo. Porém, práticas inadequadas de manejo e a perda da fertilidade dos solos fizeram com que se intensificasse a degradação destas áreas (Souza et al., 1996).

No Brasil, a espécie é popularmente conhecida como capim-colonião, nome também atribuído a uma de suas cultivares. Além desses nomes populares, pode ser reconhecido pelo nome da cultivar como BRS Quênia, Híbrido BRS Tamani, BRS Zuri, Massai, Mombaça e Tanzânia-1 (EMBRAPA, 2026).

Segundo a Associação Nacional dos Produtores de Sementes de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras (ANPROSEM) (Santos e Martuscello, 2022), a cultivar Miyagui foi registrada em 2017 (RNC nº 37382) e é uma cultivar que apresenta excelente aceitabilidade pelo animal, rebrota rápida e vigorosa, além de folhas largas e compridas (ANPROSEM, 2026).

É uma forrageira cespitosa considerada de porte médio a alto, podendo chegar até 2,5 metros de altura, tolerante à seca, resistente à cigarrinha das pastagens, bom desempenho em pastejo, possui de 8 a 14% de proteína bruta (%MS), digestibilidade excelente, com produção de 25 a 30 toneladas por hectare por ano de matéria seca (t/ha/ano de MS) (ANPROSEM, 2026).

Porém, por ser uma cultivar recentemente introduzida no mercado, carece de uma literatura robusta referente a seus resultados obtidos em sua produção e seus efeitos na produção animal, quando comparada com outras cultivares há mais tempo no mercado.

2.2.4 *Cynodon dactylon* (Tifton-85)

Com maior concentração de espécies na África (Langdon, 1954), as plantas do gênero *Cynodon* são plantas que se adaptam bem a diversos tipos de solo, desde os solos mais argilosos até os mais arenosos, desenvolvendo-se melhor em solos drenados e úmidos (Anderson et al., 2016).

Desenvolvida na *Coastal Plain Experiment Station*, na Universidade da Georgia, o Tifton-85 é uma forrageira oriunda de cruzamento entre o híbrido Tifton 68 e o acesso PI-290884, oriundo da África do Sul (Burton, Gates e Hill, 1993), sendo um híbrido perene de verão, porém bem adaptado a climas tropicais e subtropicais (Oliveira et al., 2000).

O Tifton-85 destaca-se entre os híbridos F₁, sendo mais alto, possuindo caules mais grossos, folhas mais largas e coloração verde mais escura do que outros híbridos de grama bermuda, além de apresentar rizomas grandes, entrenós longos e estolões grandes de rápida propagação (Burton, Gates e Hill, 1993). No Brasil, seu uso vem diminuindo quando comparado com outros gêneros como *Urochloa* spp., apresentando aproximadamente apenas 2% das forrageiras que ocupam o Bioma Cerrado em 2023 (Marchi e Martins, 2024).

Nesse cenário, destaca-se a cultivar *Cynodon* spp. cv. Tifton-85, gramínea perene de alto valor forrageiro, qualidade de forragem e potencial econômico, bem adaptada a diferentes condições edafoclimáticas e amplamente utilizada em sistemas de pastejo e fenação (Bernardi et al., 2016; Rodrigues, Lopes e Magalhães, 2005). Além de apresentar alto teor de proteína bruta, variando entre 9,4% e 16,7%, dependendo do solo e da adubação nitrogenada (Anderson et al., 2016).

Segundo Burton, Gates e Hill (1993), seus estolões podem crescer mais de 7,5 cm por dia e desenvolver raízes e uma planta em cada nó quando a umidade do solo e as condições de crescimento forem favoráveis. Trata-se de uma gramínea bastante produtiva, porém também uma forrageira exigente em fertilidade do solo (Malagutti, Tonato e Pedreira, 2025).

Como a maioria dos capins comerciais do gênero *Cynodon*, o Tifton-85 é um híbrido e não produz sementes viáveis, portanto, a fase de seu estabelecimento é extremamente importante e apresenta um risco considerável de insucesso. Essa fase inicia-se com o plantio por mudas ou estacas até o momento em que todo o solo está coberto pela forrageira (Malagutti, Tonato e Pedreira, 2025).

Neste contexto, os gêneros *Urochloa*, *Megathyrsus* e *Cynodon*, destacam-se como os principais gêneros utilizados como forrageiras tropicais no Brasil, representando, respectivamente, 82%, 16% e 2% das forrageiras presentes no Bioma Cerrado em 2023 (Marchi e Martins, 2024). Porém, com a crescente problemática da degradação das pastagens, que torna o solo descoberto e suscetível ao surgimento de plantas daninhas, especialmente o capim-capeta (*Sporobolus indicus*), presente em quase todos os estados brasileiros, espécie esta que carece de estudos e de uma literatura que aborde variados meios para seu controle, como métodos eficazes, principalmente buscando verificar a seletividade das forrageiras tropicais quando submetidas à aplicação de herbicidas e doses que controlam efetivamente a planta daninha.

2.3 Plantas daninhas em pastagens

Plantas daninhas são indesejadas em pastagens por não servirem de alimento para o animal, por competirem por espaço, luz, água e nutrientes, além de

podem servir de abrigo para pragas, nematoides e doenças (Victoria-Filho et al., 2014). Além disso, algumas plantas daninhas podem apresentar outros prejuízos ao sistema produtivo, podendo causar intoxicação animal, lesões ao couro, ao úbere e aos mamilos (Marchi e Martins, 2024).

A não observância de uma ou mais das exigências relacionadas ao estabelecimento das gramíneas forrageiras pode resultar na redução do número de plantas e no atraso no estabelecimento, o que pode favorecer a rápida infestação de plantas daninhas.

Segundo Bianchin (1991), um experimento realizado em três ciclos, com duas taxas de lotação animal diferentes (1,4 UA e 1,8 UA), observou, no primeiro ciclo, no qual não havia presença de plantas daninhas, ganho de peso animal semelhante entre as duas taxas de lotação. Porém, nos dois ciclos seguintes, com o aumento da presença de plantas daninhas, atingindo 12% e 16%, foi observada uma redução no ganho de peso animal por área, evidenciando a redução da capacidade de suporte da área devido à presença de plantas daninhas.

Além disso, um estudo realizado por Pinheiro et al. (2022) observou que, à medida que a coexistência de campos de *Urochloa ruziziensis* e plantas daninhas aumenta, todos os componentes produtivos da forrageira diminuem, como, a redução do número de folhas verdes e da altura por perfilho, junto com a redução da matéria seca das folhas verdes da forrageira.

É evidente que as plantas daninhas interferem no desenvolvimento das forrageiras em questão, mas as plantas daninhas não são a causa da degradação das pastagens, e sim a consequência de um manejo inadequado ou ausente (Marchi e Martins, 2024).

Quando comparada às demais culturas, a diversidade das plantas daninhas com ocorrência em pastagens é menor, pois algumas forrageiras apresentam elevada capacidade competitiva, interferindo no desenvolvimento de outras espécies na área (Machado et al., 2011). Por essa razão, a ocorrência e o nível de importância dessas espécies são bastante variáveis entre as regiões. Na região do Cerrado, onde está concentrada a maior parte da área de pastagens cultivadas do Brasil, são catalogadas mais de 100 espécies de plantas daninhas que ocorrem em pastagens, sendo a maioria delas plantas lenhosas (Pott et al., 2006). No entanto,

algumas gramíneas infestantes de pastagens têm despertado grande preocupação entre produtores, técnicos e pesquisadores.

As gramíneas infestantes de pastagens, embora não ocorram em grande diversidade e frequência como outras plantas daninhas, têm causado grandes impactos nos sistemas de produção, principalmente devido à maior dificuldade de controle. Uma das espécies que mais têm causado problemas em pastagens no Brasil é o capim-capeta (*Sporobolus indicus* (L.) R.Br.), sendo sua distribuição ampla nos Biomas Amazônico, do Cerrado e da Mata Atlântica (Andrade e Fontes, 2015).

Esta planta daninha representa um grande desafio para os pecuaristas, especialmente as que se assemelham morfológica, fisiológica e bioquimicamente às gramíneas forrageiras de interesse econômico. O controle dessa planta é difícil e, como são menos selecionadas pelo gado, sua habilidade competitiva com as gramíneas forrageiras tende a aumentar (Andrade e Fontes, 2015). Além disso, os herbicidas disponíveis no mercado registrados para pastagens não são seletivos e/ou eficientes no controle de gramíneas, dificultando ainda mais o controle desse tipo de infestante, especialmente em áreas grandes. O trabalho de catação (aplicação localizada) e de aplicação manual, que tem sido adotado por alguns pecuaristas para o controle de gramíneas infestantes de pastagens, torna-se mais difícil de executar em grandes áreas, levando a que novos métodos de controle, por meio de novos herbicidas ou de misturas de herbicidas já existentes, sejam testados para auxiliá-los.

2.4 Biologia, ecologia e impacto de *Sporobolus indicus*

A família Poaceae é amplamente distribuída geograficamente, pertence à ordem *Poales* e compreende 789 gêneros e 11.783 espécies distribuídas em doze subfamílias (Soreng et al., 2022), representando o tipo de vegetação mais abundante do planeta (Gibson, 2009).

O gênero *Sporobolus* possui mais de 100 espécies que ocorrem em diferentes regiões, distribuídas em regiões tropicais, subtropicais e temperadas (Burkart, 1969; Torres, 1970). A região do Brasil Central emerge como o epicentro de diversidade para o gênero *Sporobolus* no país, abrigando várias espécies

associadas a ambientes de cerrados e campos rupestres (Boechat e Longhi-Wagner, 1995).

Segundo Clifford e Bostock (2007), o modo como as sementes do gênero *Sporobolus* são dispersas é uma característica importante que resulta na sua alta capacidade de dispersão, pois, quando as sementes estão maduras e em condições de alta umidade, expulsam sementes envoltas por um composto viscoso, o que a torna pegajosa, facilitando a ocupação de outros ambientes. Dessa forma, podem ser facilmente transportadas por animais, máquinas e pessoas, tornando-se uma planta com alto potencial invasivo e de difícil controle (Dias-Filho, 2015).

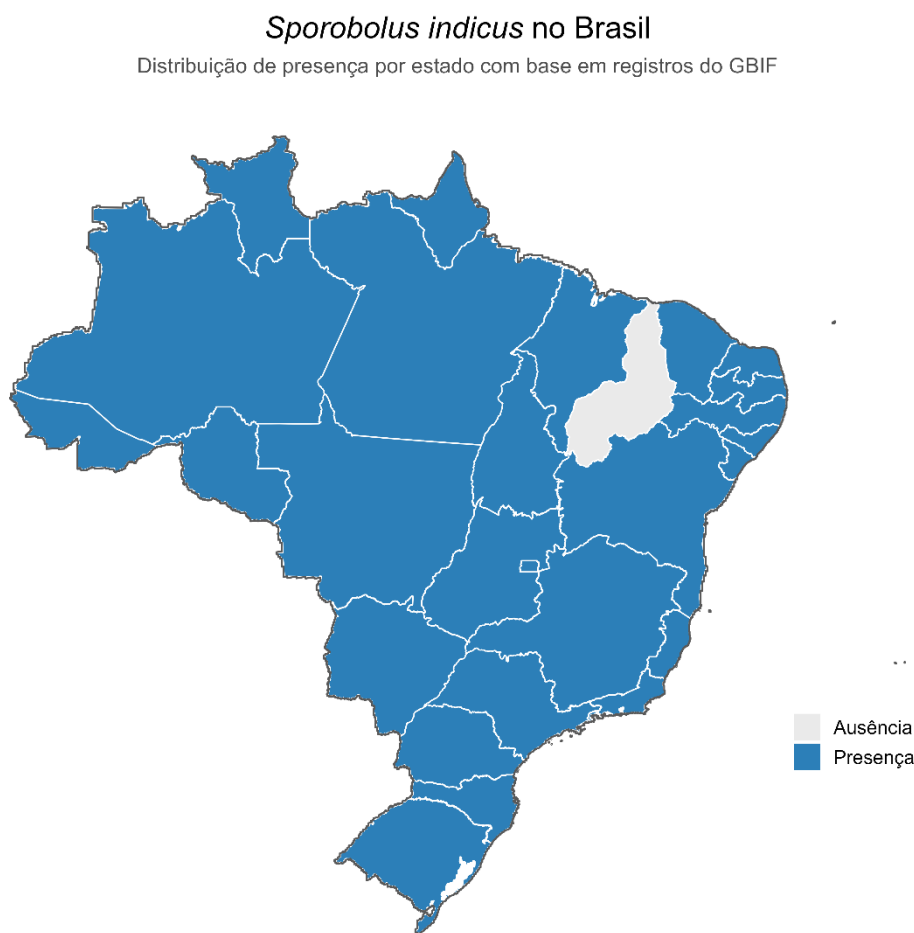
O capim-capeta representa possivelmente o maior desafio, tratando-se de plantas daninhas em pastagens no Brasil, pois vem dominando de maneira rápida e agressiva o local em que surge (Caceres, 2021). É nativa da Ásia tropical (Hitchcock e Chase, 1951), com alta capacidade de produção de sementes, chegando a 200 mil por planta por ano, além do alto potencial do banco de sementes, chegando a 20 mil sementes/m² (Dias-Filho, 2015).

É uma gramínea tipo C4 que apresenta baixa procura e aceitabilidade pelo gado, aumentando assim sua capacidade competitiva em áreas de pastagens (Dias-Filho, 2015). Além disso, o capim-capeta apresenta baixo valor nutritivo, variando entre 3,9% e 9,4%, além de elevados teores de fibra, variando entre 72 e 77%, dependendo da época do ano (Rayas Amor et al., 2012).

Apresenta folhas finas, com pontas quase sempre secas, com panículas em hastes únicas e eretas, frequentemente visualizadas com coloração escura devida à uma infestação fúngica (*Bipolaris* spp.), com as plantas atingindo até 1,1 m de altura, com colmos e folhas glabras, verde escuras, com 48 cm de comprimento e 1 a 5 mm de largura, raízes fasciculadas e profundas (Currey et al., 1972; Sellers et al., 2015).

É encontrado em praticamente todos os estados brasileiros, ocorrendo com maior frequência em pastagens degradadas e/ou nos períodos de déficit hídrico (Silva et al., 1972; Araújo et al., 2011) (Figura 1), sendo uma planta que apresenta rusticidade e se adapta bem a áreas degradadas por queimada e baixa fertilidade. Além disso, sua rápida cobertura e o crescimento ereto agressivo podem limitar o potencial vegetativo de algumas forrageiras, além de ser uma espécie que

apresenta alta capacidade de germinar em diferentes condições ambientais (Rana et al., 2012).



Fonte: GBIF. Elaboração própria.

Figura 1. Presença de *Sporobolus indicus* no território nacional. Fonte: Base cartográfica: geobr/IBGE.

Além de todas as características citadas anteriormente que favorecem sua disseminação e presença nas pastagens, foi observado nas coletas do presente trabalho que o desenvolvimento vegetativo do capim-capeta pode ocorrer em uma ampla faixa de temperatura e umidade. Além disso, é uma espécie muito adaptável e capaz de persistir por longos períodos sob déficit hídrico, conferindo vantagem competitiva sobre muitas forrageiras cultivadas, dificultando ainda mais o seu controle, além de sua presença em diferentes tipos de solos e regiões.

2.5 Controle químico, seletividade e lacunas de pesquisa

No que diz respeito ao controle químico do capim-capeta, atualmente enfrenta-se um desafio considerável, pois a literatura carece de informações sobre diferentes misturas de herbicidas e moléculas, além da aplicação em diferentes épocas de desenvolvimento da planta (Martins et al., 2026).

Além disso, segundo Dias-Filho (2015), o controle do capim-capeta deve acontecer de acordo com o grau de infestação da área, sendo que, regiões com mais de uma planta por metro quadrado (infestação alta) é recomendada a reforma do pasto. Porém, se a infestação for de até duas touceiras por dez metros quadrados (infestação leve), seria recomendada a utilização de aplicadores seletivos de glifosato (Marchi e Martins, 2024).

Uma das principais dificuldades está relacionada à semelhança morfofisiológica com a forrageira, tornando-os suscetíveis aos efeitos dos herbicidas aplicados, embora o glifosato ou o hexazinona sejam boas opções quando aplicados em jato dirigido em infestações consideradas leves, até 10% de ocupação da área ou até duas touceiras a cada 10 m² (Marchi e Martins, 2024), sua utilização é limitada em áreas extensas, tornando-se impraticável em muitos casos (Caceres, 2021).

O glifosato, além dos riscos de possível intoxicação às forrageiras, pode causar a morte das plantas, devido ao seu modo de ação, sendo um herbicida não seletivo que atua inibindo a enzima EPSPs, fundamental na biossíntese de aminoácidos (Hoagland e Duke, 1982). Por essa razão, a pulverização deve ser feita de maneira localizada apenas nas touceiras do capim-capeta (Dias-Filho, 2015).

Ferrell e Mullahey (2006) avaliaram o controle do capim-capeta em pastagens de grama-batatais (*Paspalum notatum*) por meio da aplicação de hexazinona em pós-emergência. Os resultados revelaram um controle eficaz da espécie infestante sem apresentar fitotoxicidade significativa na pastagem. De acordo com esses autores, a utilização de hexazinona é justificada somente quando pelo menos metade da área da pastagem estiver infestada pelo capim-capeta. Além disso, destacaram que a ação da hexazinona como herbicida inibidor da

fotossíntese resulta em sintomas como clorose internerval e nas bordas das folhas, os quais podem evoluir para necrose generalizada da folha.

Estudos recentes têm demonstrado resultados promissores, apresentando potencial de controle em pós-emergência no manejo do capim-capeta com a associação da atrazina com mesotrione (Braz et al., 2025; Caceres, 2021). Porém, com a possibilidade de sua proibição, isso impõe limitações adicionais, restringindo ainda mais as alternativas disponíveis (Azevedo, Nascimento e Garutti, 2025).

Além disso, estudos recentes têm mostrado a eficiência da utilização de indaziflam em aplicação pré-emergente, que impediu o surgimento de plântulas de capim-capeta em diferentes doses (Howard et al., 2023). Porém, algumas espécies de forrageiras (*Urochloa*, p.e.) apresentam sensibilidade à molécula, o que pode dificultar sua utilização em algumas regiões (Silva et al., 2020).

Nesse contexto, Martins et al. (2026) evidenciam que há poucos trabalhos atualmente que abordam o uso de diferentes moléculas, diferentes momentos de aplicação, sendo a maioria deles relacionada à utilização de hexazinona, em aplicação em pastagens de *Paspalum notatum* e *Cynodon dactylon*. Isso mostra como são necessários novos estudos para entender outros caminhos possíveis para o controle do capim-capeta, além de compreender qual é a alternativa financeiramente mais viável, bem como a resposta das forrageiras submetidas à aplicação de herbicidas em diferentes doses.

2.6 Eficácia e custo de herbicidas

Os herbicidas podem ser utilizados em várias fases do cultivo, podendo ser utilizados como pré-emergentes, nas quais é feita a aplicação do herbicida sobre a superfície do solo antes da emergência da planta daninha e após a semeadura da cultura. Na pós-emergência inicial, quando o herbicida é aplicado sobre as plantas daninhas logo após a germinação, e, na pós-emergência tardia, na qual o herbicida é aplicado sobre as plantas daninhas quando estão em um estágio de desenvolvimento mais adiantado (Lorenzi, 2014).

O desafio de controlar plantas daninhas em áreas de pastagens está se tornando cada vez mais complexo para os produtores. Além disso, o uso de herbicidas com o mesmo modo de ação, usados repetidamente, pode levar à

seleção de populações que resistem a esses tratamentos, tornando a molécula ineficiente a longo prazo (Vargas e Roman, 2006; Moisinho et al., 2024).

Com relação aos custos dos produtos, o mercado de herbicidas no Brasil é competitivo e dinâmico, com inúmeras empresas envolvidas no desenvolvimento de novas moléculas e formulações de novos produtos que possam ser comercializados.

Consequentemente, os herbicidas desempenham um papel crucial, representando uma parcela substancial dos custos de produção. Estes custos abrangem todas as etapas que envolvem sua utilização, desde a compra dos produtos, a aplicação (manual ou mecanizada), até a persistência no solo e a eficácia ao longo do tempo.

Embora os preços dos herbicidas variem de acordo com a molécula utilizada e o fabricante, o custo inicial pode ser racionalizado pela menor necessidade de novas aplicações, de acordo com a dose aplicada, em sinergia com a taxa de eficiência a longo prazo que esses herbicidas apresentam, reduzindo, assim, a necessidade de repetir aplicações.

3 HIPÓTESES

Hipótese 1: Os acessos de *Sporobolus indicus* oriundos de diferentes regiões edafoclimáticas contrastantes apresentarão diferença de controle entre os herbicidas aplicados.

Hipótese 2: *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85, *Megathyrsus maximum* cv Miyagui e *Urochloa brizantha* cv. Marandu não apresentarão intoxicação quando tratados com diferentes de herbicidas.

Hipótese 3: O herbicida mais viável não dependerá apenas da porcentagem de controle, mas, também, do custo da sua aplicação de determinada dose.

4 REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (2026) Exportações. São Paulo: ABIEC. Disponível em: <https://abiec.com.br/exportacoes/>. Acesso em: 22 abr. 2026.

Alexandrino E, Vaz RGMV, Santos AC (2010) Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal** 26:886-893. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7226>.

Anas M, Liao F, Verma KK, Sarwar MA, Mahmood A, Chen ZL, Li Q, Zeng XP, Liu Y, Li YR (2020) Fate of nitrogen in agriculture and environment: agronomic, eco-physiological and molecular approaches to improve nitrogen use efficiency. **Biological Research** 53:47. DOI: 10.1186/s40659-020-00312-4.

Anderson W, Parker MB, Knoll JE, Lacy RC (2016) Fertilization ratios of N–P₂O₅–K₂O for Tifton 85 bermudagrass on two coastal plain soils. **Agronomy Journal** 108:1542-1551. DOI: 10.2134/agronj2015.0585.

Andrade CMS, Fontes JRA (2015) Biologia e manejo de capim-navalha e capim-capeta em pastagens. In: Ikeda FS, Inoue MH (Eds.) **Manejo sustentável de plantas daninhas em sistemas de produção tropical**. Brasília, DF: Embrapa, p. 71-102.

ANPROSEM - Associação Nacional dos Produtores de Sementes de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras (2026) Miyagui. Presidente Prudente: ANPROSEM. Disponível em: <https://anprosem.com.br/home/organizacao>. Acesso em: 6 maio 2026.

Araújo EA, Santos MJ, Andrade CMS, Frade Júnior EF, Lani JL, Bardales NG, Amaral EF (2011) **Plantas daninhas em pastagens do Acre: identificação e controle**. Rio Branco: SEMA, 36 p.

Aronovich S (1995) O capim-colonião e outros cultivares de *Panicum maximum* Jacq.: introdução e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE

MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 1-20.

Azevedo B, Nascimento A, Garutti B (2025) Herbicida usado em lavouras no Brasil é reclassificado pela OMS como provável causador de câncer. **G1 Campinas e Região**, Campinas, 8 dez. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2025/12/08/herbicida-usado-em-lavouras-no-brasil-e-reclassificado-pela-oms-como-provavel-causador-de-cancer.ghtml>. Acesso em: 14 jun. 2026.

Benett CGS, Buzetti S, Silva KS, Bergamaschine AF, Fabricio JA (2008) Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia** 32:1629-1636. DOI: 10.1590/S1413-70542008000500041.

Bianchin I (1991) **Epidemiologia e controle de helmintos gastrointestinais em bezerras a partir da desmama, em pastagem melhorada, em clima tropical do Brasil**. 162 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Boechat SC, Longhi-Wagner HM (1995) O gênero *Sporobolus* (Poaceae: Chloridoideae) no Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 9:21-86. DOI: 10.1590/S0102-33061995000100002.

Braz GBP, Nascimento HLB, Bilego UO, Bastos LO, Sousa MMP (2025) Herbicide associations applied post-emergence to control smutgrass (*Sporobolus indicus*) in cultivated pasture. **Weed Control Journal** 24:e202500872. DOI: 10.7824/wcj.2025;24:00872.

Burkart A (1969) **Flora ilustrada de Entre Ríos (Argentina). Parte II: Gramíneas**. Buenos Aires: INTA, t. 6. (Colección Científica del INTA, 6).

Burton GW, Gates RN, Hill GM (1993) Registration of 'Tifton 85' bermudagrass. **Crop Science** 33:644-645. DOI: 10.2135/cropsci1993.0011183X003300030045x.

Cáceres NT (2021) **Plantas daninhas em pastagens: biologia, manejo e controle**. Viçosa: Editora UFV, 321 p.

Carvalho WTV, Minighin DC, Gonçalves LC, Villanova DFQ, Mauricio RM, Pereira RVG (2017) Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **Pubvet** 11:1036-1045. DOI: 10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045.

Catuchi TA, Parmezan GC, Bressan FV, Aranda EA, Abrantes FL, Custódio CC, Tiritan CS (2022) Corte sequencial de *Urochloa brizantha* cv. MG 5 altera época de florescimento e componentes de produção de sementes. **Ciência Rural** 52:e20200912.

Cavers PB, Kane M (2016) The biology of Canadian weeds: 155. *Panicum miliaceum* L. **Canadian Journal of Plant Science**. DOI: 10.1139/cjps-2015-0152.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2026) PIB do agronegócio brasileiro. Piracicaba: CEPEA. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 13 abr. 2026.

Clifford HT, Bostock PD (2007) **Etymological dictionary of grasses**. New York: Springer, 319 p.

Codognotto LC, Branco JS, Rigo VM, Matos MIS, Conde TT (2023) Produção e características morfológicas de capim-marandu sob inoculação e níveis de adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias** 44:1909-1922. DOI: 10.5433/1679-0359.2023v44n5p1909.

Currey WL, Parrado R, Jones DW (1972) Seed characteristics of smutgrass. **Proceedings of Soil Crop Science of Florida** 32:53-54.

Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Huhtanen P (2014) Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. **Semina: Ciências Agrárias** 35:2829-2854. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829.

Dias-Filho MB (2006) **Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e à síndrome da morte do capim-marandu**. 1. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.

Dias-Filho MB (2011) **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. reimp. Belém: Ed. do Autor, 215 p.

Dias-Filho MB (2014) **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.

Dias-Filho MB (2015) **Controle de capim-capeta [*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.] em pastagens no estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 7 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 268).

Dias-Filho MB (2017) **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Brasília, DF: Embrapa, 19 p. Disponível em: <https://bit.ly/3NsTTXn>. Acesso em: 29 abr. 2026.

Dias-Filho MB (2023) **Degradação de pastagens: conceitos, processos e estratégias de recuperação e de prevenção**. Belém: Ed. do Autor, 59 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1173673/1/Degradacao-de-pastagens-Moacyr-Dias-Filho.pdf>. Acesso em: 6 maio 2026.

Dupas E, Buzetti S, Sarto AL, Hernandez FBT, Bergamaschine AF (2010) Produtividade de matéria seca e valor nutritivo do capim-marandu sob adubação nitrogenada e irrigação no cerrado paulista. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:2598-2603. DOI: 10.1590/S1516-35982010001200006.

Embrapa (2026) Cultivares de *Panicum maximum*. Brasília, DF: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivar/panicum-maximum>. Acesso em: 27 abr. 2026.

Euclides VPB, Montagner DB, Macedo MCM, Araújo AR, Difante GS, Barbosa RA (2019) Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of Marandu palisadegrass in the Brazilian savannah. **Grass and Forage Science** 74:450-462. DOI: 10.1111/gfs.12422.

Fagundes JL, Fonseca DM, Gomide JA, Nascimento Junior D, Vitor CMT, Moraes RV, Mistura C, Reis GC, Martuscello JA (2005) Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40:397-403. DOI: 10.1590/S0100-204X2005000400012.

Feio BEM, Viana MAS, Sousa TLF, Ribeiro DGS, Farias MFS, Pantoja MVS, Marques JWM, Abreu NR, Silva Filho ALB, Nascimento MM (2025) Desempenho do capim-marandu e estratégias de recuperação de pastagens degradadas na Amazônia. **Observatório de la Economía Latinoamericana** 23:e11146. DOI: 10.55905/oelv23n8-121. Disponível em:

<https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/11146>.

Acesso em: 23 abr. 2026.

Ferreira LV et al. (2016) The effect of exotic grass *Urochloa decumbens* in the reduction of species richness and change of floristic composition of natural regeneration in the Floresta Nacional de Carajás, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 88:589-597. DOI: 10.1590/0001-3765201620150121.

Ferrell JA, Mullahey JJ (2006) Effect of mowing and hexazinone application on giant smutgrass (*Sporobolus indicus* var. *pyramidalis*) control. **Weed Technology** 20:90-94.

Guenni O, Marín D, Baruch Z (2002) Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. **Plant and Soil** 243:229-241. DOI: 10.1023/A:1019956719475.

Guimarães ACD, Inoue MH, Santos AW, Victória Filho R, Ladeira Neto A (2018) Desafios no manejo sustentável de plantas daninhas em pastagens. In: Guimarães ACD, Inoue MH, Ikeda FS (Orgs.) **Estratégias de manejo de plantas daninhas para novas fronteiras agrícolas**. 1. ed. Curitiba: SBCPD, v. 1, p. 8-33.

Hitchcock AS, Chase A (1951) **Manual of the grasses of the United States**. 2. ed. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.

Hoagland RE, Duke SO (1982) Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds VIII. Comparison of the effects of aminooxyacetate and

glyphosate. **Plant and Cell Physiology** 23:1081-1088. DOI: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a076438.

Howard ZS et al. (2023) Evaluation of chemical control and seasonal application options for smutgrass (*Sporobolus indicus*). **Weed Technology** 37:530-536. DOI: 10.1017/wet.2023.70.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2026) Pesquisa trimestral do abate de animais. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html>. Acesso em: 22 abr. 2026.

Junior JMS, Carrara DK, Barbosa Alves A (2018) **Bovinocultura: manejo e alimentação de bovinos de corte em confinamento**. Brasília: Senar, 56 p. (Coleção Senar, 232).

LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (2024) Atlas das Pastagens. Goiânia: Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/>. Acesso em: 20 dez. 2025.

Langdon RFN (1954) The origin and distribution of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. **University of Queensland Papers** 3:1-17.

Lima MA, Paciullo DSC, Morenz MJF, Gomide CAM, Rodrigues RAR, Chizzotti FHM (2019) Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science** 74:160-170. DOI: 10.1111/gfs.12395.

Lorenzi H (2014) **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Macedo MCM, Zimmer AH, Kichel AN, Almeida RG, Araújo AR (2013) Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA-TEC-FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, p. 158-181.

Machado LAZ, Lempp B, Valle CB, Jank L, Batista LAR, Postiglioni SR, Resende RMS, Fernandes CD, Verzignassi JR, Valentim JF, Assis GML, Andrade CMS (2010) Principais espécies forrageiras utilizadas em pastagens para gado de corte. In: Pires AV (Ed.) **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, p. 375-416.

Machado SLM, Sales ECJ, Reis ST, Mesquita VG, Carvalho ZG, Monção FP, Gomes EAS, Queiroz DS (2017) Forage accumulation, tillering and bromatological characteristics of *Brachiaria* grass under nitrogen fertilization. **Científica** 45:197-203. DOI: 10.15361/1984-5529.2017v45n2p197-203.

Machado VD, Tuffi Santos LD, Santos Júnior A, Mota VA (2011) Fitossociologia de plantas daninhas em sistemas de integração de sorgo com braquiária sob diferentes formas de implantação da pastagem. **Planta Daninha** 29:85-95. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/wq8nBBqSqdhm5jNzqDmLD3L/>. Acesso em: 29 abr. 2026.

Malagutti AM, Tonato F, Pedreira CGS (2025) **Guia prático para o estabelecimento de pastos dos capins Tifton 85 e Jiggs**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. (Circular Técnica, 88).

Marchi SR, Martins D (2024) **Matologia de pastagens**. Jaboticabal: Funep.

Martins HL, Campalle AN, Oliveira AB, Zangueta JFD, Santos RTS, Rodrigues JS, Dutra FV, Baxter L, Grey TL, Alves PLCA (2026) Smut grass (*Sporobolus indicus*) chemical control: a systematic review. **Weed Science** 74:e11. DOI: 10.1017/wsc.2026.10087.

Moisinho IS et al. (2024) Multiple-resistance evolution to ACCase inhibitors and glyphosate in sourgrass (*Digitaria insularis*) is attributed to diverse polymorphisms in the herbicide target sites. **Weed Science** 72:517-526. DOI: 10.1017/wsc.2024.53.

Mozelli Filho E JL, Barcelos JM, Zuccon Junior NP, Lima DV (2021) Pasture beef production in Brazil. **Revista Científica Dimensão Acadêmica** 6:108-127.

Nunes SG, Boock A, Penteado MIO, Gomes DT (1984) **Brachiaria brizantha** cv. Marandu. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte.

Oliveira TP, Flores HL, Melo SP (2019) Uso de siligesso 70® na recuperação de pastagem degradada de capim-marandu na região do cerrado. **Revista Panorâmica** edição especial:36-48.

Oliveira MA, Pereira OG, Martinez y Huaman CA, Garcia R, Gomide JA, Cecon PR, Silveira PR (2000) Características morfogênicas e estruturais do capim-bermuda “Tifton 85” (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia** 29:1939-1948.

Pinheiro GHR, Araújo PPS, Marques RF, Souza RM, Silva ITD, Marchi SR (2022) Interference of weeds in ruziziensis grass pastures. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** 44:e54135.

Pott A, Pott VJ, Souza TWD (2006) **Plantas daninhas de pastagem na região dos Cerrados**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte.

Rana N, Wilder B, Sellers B, Ferrell J, MacDonald G (2012) Effects of environmental factors on seed germination and emergence of smutgrass (*Sporobolus indicus*) varieties. **Weed Science** 60:558-563.

Rapiya M, Mndela M, Truter W, Ramoelo A (2025) Assessing the economic viability of sustainable pasture and rangeland management practices: a review. **Agriculture** 15:690. DOI: 10.3390/agriculture15070690.

Rayas Amor AA, Estrada Flores JG, Mould FL, Castelán Ortega OA (2012) Nutritional value of forage species from the Central Highlands Region of Mexico at different stages of maturity. **Ciência Rural** 42:705-712. DOI: 10.1590/S0103-84782012000400022.

Rodrigues JG, Difante GS, Ítavo LCV, Pereira MG, Gurgel ALC, Costa ABG, Vêras ELL, Monteiro GOA, Dias AM, Ítavo CCBF (2023) Forage accumulation and nutritional characteristics of *Brachiaria* cultivars grown in a semi-arid environment. **Tropical Animal Science Journal** 46:85-96. DOI: 10.5398/tasj.2023.46.1.85.

Rodrigues BHN, Lopes EA, Magalhães JA (2005) **Teor de proteína bruta do *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 sob irrigação e adubação nitrogenada, em Parnaíba, Piauí.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 4 p. (Comunicado Técnico, 171).

Santos MER, Martuscello JA (2022) **Seu dinheiro é capim: valorizando e manejando o pasto para gerar dinheiro.** 1. ed. São Paulo: Reino Editorial.

Sellers B, Ferrell JA, Rana N (2015) **Smutgrass control in perennial grass pastures.** Florida: IFAS Extension, 4 p. (SS-AGR-18).

Silva A, Santos FLS, Barretto VCM, Freitas RJ, Kluthcouski J (2018) Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. Marandu e guandu. **Journal of Neotropical Agriculture** 5:39-47.

Silva JB, Coelho JP, Gontijo VPM, Carvalho MM (1972) Controle químico da infestação por sementes do capim-capeta (*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.), invasor de pastagens. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 9., 1972, Campinas. Resumos... Campinas: SBHED, p. 41.

Silva PV et al. (2020) Indaziflam: leaching and control of *Urochloa plantaginea* in applications on coffee litter with different rainfall simulations. **Coffee Science** 15:e151816. DOI: 10.25186/.v15i.1816.

Soreng RJ, Peterson PM, Zuloaga FO, Romaschenko K, Clark LG, Teisher JK, Gillespie LJ, Barberá P, Welker CAD, Kellogg EA (2022) A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) III: an update. **Journal of Systematics and Evolution** 60:476-521.

Souza AG, Soares Filho CV, Mella SC (1996) Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: Monteiro ALG, Moraes A, Corrêa EAS et al. (Eds.) **Forragicultura no Paraná.** Londrina: CPAF, p. 196-205.

Torres MA (1970) *Sporobolus*. In: Cabrera AL (Ed.) **Flora de la Provincia de Buenos Aires: Gramíneas.** Buenos Aires: INTA, v. 2, p. 374-382. (Colección Científica, 4).

Valle CB, Pagliarini MS (2009) Biology, cytogenetics, and breeding of *Brachiaria*. In: Singh RJ (Ed.) **Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement**. Boca Raton: CRC Press, p. 103-151.

Valle CB et al. (2004) **O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 36 p. (Documentos / Embrapa Gado de Corte, n. 149). ISBN 85-297-0185-2.

Vargas L, Roman ES (2006) **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 22 p. (Documentos Online, 58). Disponível em: https://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58.pdf. Acesso em: 11 maio 2026.

Victória-Filho R, Ladeira-Neto A, Pelissari A, Reis FC, Daltro FP (2014) Manejo sustentável de plantas daninhas em pastagens. In: Monquero PA (Org.) **Manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas**. São Carlos: Rima Editora, p. 179-207.

Vilela D, Ferreira RP, Fernandes EN, Juntolli FV (Eds.) (2016) **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164236/1/Pecuarria-de-leite-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2026.

Zuloaga FO, Salariato DL, Scataglini MA, Morrone O, Giussani LM (2018) Molecular phylogeny of *Panicum* s. str. (Poaceae, Panicoideae, Paniceae) and insights into its biogeography and evolution. **PLOS ONE** 13:e0191529. DOI: 10.1371/journal.pone.0191529.

CAPÍTULO 2 - DOSE-RESPOSTA DE ACESSOS DE *SPOROBOLUS INDICUS* ORIUNDOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

1 INTRODUÇÃO

Sporobolus indicus (capim-capeta) é uma gramínea perene originária da Ásia tropical (Hitchcock e Chase, 1951), que possui características que a tornam uma planta daninha extremamente prejudicial ao sistema produtivo (Marchi e Martins, 2024), sendo possivelmente o maior desafio entre as plantas daninhas de pastagens no Brasil, presente em praticamente todas as regiões do país (Caceres, 2021).

O capim-capeta é uma gramínea C4 que apresenta características bioquímicas particulares observadas na enzima PEP-CK, envolvida no metabolismo fotossintético, indicando diferenças associadas à adaptação a diferentes condições climáticas (Koteyeva et al., 2023). Além disso, é uma planta com alta capacidade de produção de sementes, chegando a 200 mil por planta por ano, além do alto potencial do banco de sementes, chegando a 20 mil sementes/m² (Dias-Filho, 2015).

Quando umedecidas, as sementes de capim-capeta apresentam uma textura pegajosa que aumenta sua aderência em animais, pessoas e implementos agrícolas, característica que agrava seu potencial invasivo e dificuldade de controle (Boechat e Longhi-Wagner, 1995).

As dificuldades de controle do capim-capeta podem estar relacionadas também a fatores morfoanatômicos da planta, bem como às suas capacidades adaptativas ao local de origem relacionadas a questões edafoclimáticas. Além disso, por se tratar de pastagens, que possuem uma gama reduzida de herbicidas registrados, com efetiva capacidade de controle do capim-capeta, a aplicação desses herbicidas de maneira continuada pode selecionar plantas com maior capacidade de tolerância.

Desta maneira, é imprescindível a elaboração de práticas de manejo que estejam alinhadas às características intrínsecas da planta. Com isso, Santos (2021), evidenciou que existem diferenças morfoanatômicas e genéticas entre

acessos de *Paspalum virgatum* oriundos de diferentes regiões, Alves et al. (2003) identificaram diferenças morfológicas e moleculares entre acessos de *Rottboellia cochinchinensis*, e Vieira et al. (2010), ao avaliarem acessos de *Digitaria nuda*, observaram elevada similaridade genética e resposta semelhante à ametrina, demonstrando que a origem pode resultar em diferenciação dos acessos, as quais supõe-se que também possam ocorrer em plantas de *Sporobolus indicus*, podendo estar relacionadas à sua dificuldade de controle.

Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia do controle químico de *Sporobolus indicus* (capim-capeta) oriundo de nove regiões edafoclimáticas contrastantes do estado de São Paulo, submetido à aplicação de seis doses distintas de três herbicidas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista, UNESP/FCAV, em Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21° 14' 37.86" S, 48° 17' 35.18" W; 590 m de altitude). O clima da região é classificado como Aw, subtropical úmido, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação proposta por Alvares et al. (2014). As condições climáticas do período experimental podem ser vistas na Figura 2.

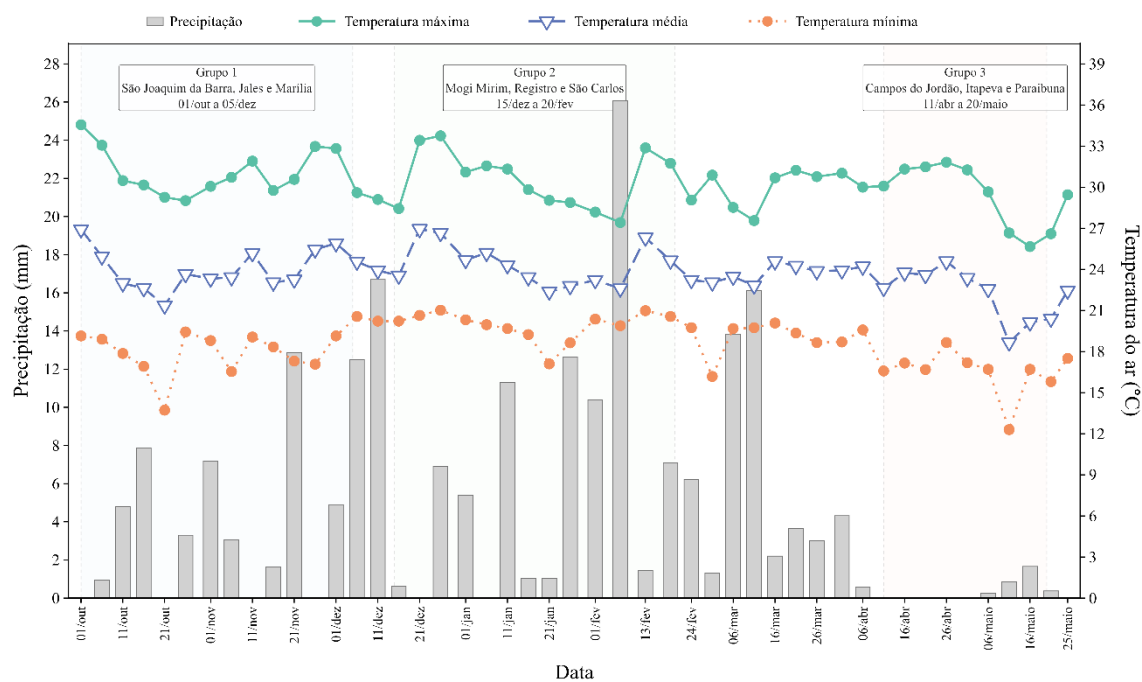


Figura 2. Dados climatológicos da área experimental durante o período de estudo.

As sementes de *Sporobolus indicus* foram coletadas em nove municípios do estado de São Paulo as cidades foram escolhidas por três tipos de solos contrastantes, temperaturas médias anuais altas e baixas, e pluviosidades médias altas e baixas (Figura 3.), onde há registros de infestação da espécie em áreas de pastagem, consideradas de difícil controle por profissionais da área.

Cidades escolhidas com base em fatores edafoclimáticos contrastantes



Fonte: dados climáticos compilados de documentos oficiais municipais e estaduais consultados.

Figura 3. Cidades escolhidas com base em fatores edafoclimáticos contrastantes para as coletas.

Após a coleta, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel e transportadas ao laboratório. Em seguida, foram realizadas a limpeza e a separação do material. Os acessos foram semeados em bandejas de isopor contendo substrato comercial Bioplant[®] (composto por turfa de *Sphagnum*, fibra de coco, casca de arroz, casca de Pinus, vermiculita, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termofosfato magnésiano (Yoorin) e aditivos fertilizantes). Em cada célula foram depositadas 10 sementes, em razão da baixa porcentagem de germinação observada em experimentos anteriores.

As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e molhadas diariamente. Após 30 dias da semeadura, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 0,5 L, contendo uma mistura de terra e areia, na proporção de 2:1 (v/v), previamente adubada com base na análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da análise química e física do substrato utilizado nas parcelas experimentais, Jaboticabal, SP.

pH (CaCl ₂)	*M.O. g.dm ⁻³	P resina mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%
mmolc.dm ⁻³									
5,8	9	29	2,6	15	9	15	26,2	41,4	63
Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)		Classe textural					
32	6	62		Média					

A semeadura e o transplântio foram realizados em períodos distintos, visando à obtenção de plantas em dois estádios de desenvolvimento. Foram selecionadas cinco plantas de cada acesso, de 2-3 perfilhos (E1) e com 4-5 perfilhos (E2). Os vasos plásticos receberam complementação nutricional por meio da aplicação da solução de Hoagland e Arnon (1950) na concentração de 50%.

Para a condução dos ensaios de controle químico, para cada acesso, em cada estágio de desenvolvimento, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 herbicidas × 6 doses + testemunha sem aplicação, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação dos herbicidas cletodim (Select 240 SC®), hexazinona (MagnusBR®), e glifosato (Roundup Original®), avaliados em seis doses (Tabela 2). As doses estudadas corresponderam a 0,25×, 0,5×, 1×, 2×, 4× e 8× da dose recomendada.

Tabela 2. Tratamentos experimentais realizados no controle dos nove acessos de capim-capeta.

Trat nº	Produtos	Dosagens	
		*g ml p.c. ha ⁻¹	**g i.a. ha ⁻¹
1	Testemunha	--	--
2	Clethodim – D1	0,112	27
3	Clethodim – D2	0,225	54
4	Clethodim*** – D3	0,45	108
5	Clethodim – D4	0,9	216
6	Clethodim – D5	1,8	432

Trat nº	Produtos	Dosagens	
		*g ml p.c. ha ⁻¹	**g i.a. ha ⁻¹
7	Clethodim – D6	3,6	864
8	Hexazinona – D1	0,625	100
9	Hexazinona – D2	1,25	200
10	Hexazinona*** – D3	2,5	400
11	Hexazinona – D4	5	800
12	Hexazinona – D5	10,0	1600
13	Hexazinona – D6	20,0	3200
14	Glifosato – D1	3,75	434
15	Glifosato – D2	7,5	868
16	Glifosato*** – D3	15	1736
17	Glifosato – D4	30	3472
18	Glifosato – D5	60	6944
19	Glifosato – D6	120	13888

*Gramas por litro de produto comercial por hectare; **gramas de ingrediente ativo;

*** dose recomendada; “D” = Dose.

Para a aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal com pressurização por CO₂, munido de uma barra de pulverização contendo quatro bicos espaçados em 0,5 m entre si, com pontas de pulverização Teejet modelo TTI 11002, na pressão de aproximadamente 2 bar, produzindo gotas ultragrossas, indicadas para herbicidas sistêmicos. A barra de pulverização foi mantida a 0,5 m de altura em relação ao alvo, com velocidade de aplicação de 3,6 km h⁻¹, com vazão de 200 L ha⁻¹. Foram realizadas avaliações de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA), conforme a metodologia e escala de ALAM (1974) (Tabela 3).

Tabela 3. Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas.

Controle (%)	Grau de controle (nota)
0 – 40	Nenhum a pobre (1)
41 – 60	Regular (2)
61 – 70	Suficiente (3)
71 – 80	Bom (4)
81 – 90	Muito bom (5)
91 – 100	Excelente (6) – morte da planta

Após a última avaliação visual, aos 35 DAA, as plantas restantes foram cortadas próximas à superfície do solo, separando as raízes da parte aérea, sendo colocadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas para a estufa, à temperatura constante de 60°C, por 96 horas. As raízes foram lavadas com água corrente para remover todo o solo presente e colocadas para secar em estufa. Por fim, as amostras foram pesadas em uma balança analítica com precisão de quatro casas decimais após a vírgula, para determinar a massa seca da parte aérea e da raiz.

2.1 Análise estatística

2.1.1 Regressão

Os dados de controle (%) e massa seca de raiz e parte aérea de capim-capeta foram submetidos à regressão não linear utilizando o modelo log-logístico de quatro parâmetros (LL.4). As análises e ajustes das curvas foram realizados no software OriginPro® (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA). O modelo adotado foi:

$$y = A2 + (A1 - A2) / (1 + (x/x0)^p)$$

onde:

Y = controle (%)

x = dose do herbicida (g i.a. ha⁻¹)

A1 = limite inferior da curva

A2 = limite superior da curva

p = coeficiente angular (inclinação)

x₀ = dose que proporciona 50% da resposta máxima (ED50)

Quando o modelo log-logístico não apresentou ajuste adequado utilizou-se o modelo exponencial de primeira ordem (ExpDec1):

$$y = y_0 + A1 * e^{(-x/t1)}$$

onde:

y = fitointoxicação estimada (%)

y₀ = limite superior da curva

x = dose do herbicida (g i.a. ha⁻¹)

A1 = amplitude da resposta

t1 = constante de dose

e = base do logaritmo natural

O ajuste foi realizado por regressão não linear via algoritmo iterativo de mínimos quadrados (Levenberg–Marquardt), padrão do Origin para modelos não lineares. As curvas foram ajustadas separadamente para cada herbicida, em cada estágio de desenvolvimento (E1 e E2) e época de avaliação 14 e 35 DAA, para observar melhor a resposta inicial e o controle final, respectivamente.

2.1.2 Análise exploratória da eficácia acumulada (AUC)

A eficácia dos herbicidas ao longo do tempo foi sintetizada pela Área Sob a Curva (AUC), calculada pelo método do trapézio a partir das avaliações de controle aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação, sendo expressa em % dia. As doses foram padronizadas como múltiplos da dose recomendada e representadas em escala log₂.

Os efeitos de herbicida, dose relativa, acesso e estágio sobre a AUC foram explorados por meio de modelos lineares com termos de interação, com verificação dos pressupostos por inspeção dos resíduos. Tendências dose–resposta foram avaliadas graficamente por suavização LOESS. Todas as análises foram conduzidas no ambiente R.

3 RESULTADOS

Os acessos de *Sporobolus indicus* foram provenientes de nove municípios do estado de São Paulo: São Joaquim da Barra (SJB), Jales (JA), Marília (MAR), Mogi Mirim (MM), Registro (REG), São Carlos (SC), Campos do Jordão (CJ), Itapeva (ITA) e Paraibuna (PA).

No Estágio 1 para o hexazinona (Figura 4), tanto aos 14 quanto aos 35 DAA, todos os acessos proporcionaram controle máximo de 100%, com excelentes coeficientes de determinação, $R^2=1,00$. Esses resultados indicam excelente resposta de controle em plantas no estágio mais inicial de desenvolvimento, mesmo nas menores doses aplicadas, sem sinais de recuperação e rebrote em nenhum dos acessos do capim-capeta.

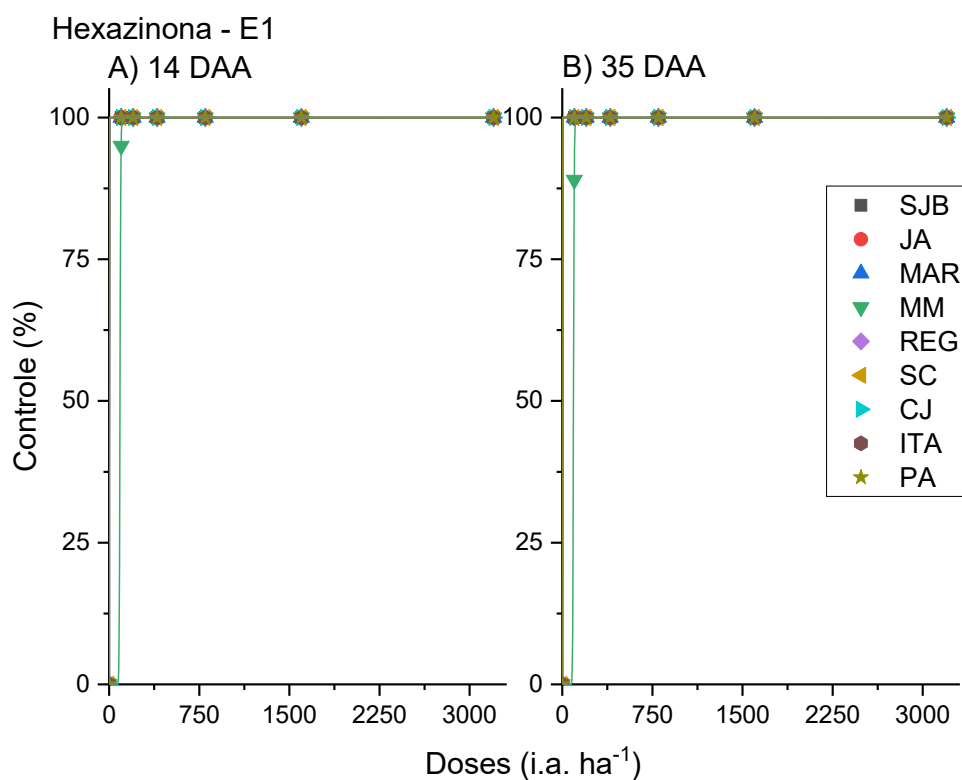


Figura 4. Resposta dos acessos de *Sporobolus indicus* ao hexazinona no estágio E1 aos 14 e 35 DAA.

Para a hexazinona no Estágio 2 (Figura 5), todos os acessos apresentaram controle máximo de 100%, tanto aos 14 quanto aos 35 DAA, com excelentes coeficientes de determinação, variando entre $R^2 = 0,99$ a $R^2 = 1,00$. Esses resultados indicam que a hexazinona apresenta resposta uniforme entre os acessos e as doses aplicadas, com excelente resposta de controle, tanto em plantas no estágio menos desenvolvido, quanto em plantas no estágio mais desenvolvido, sem sinais de recuperação e rebrote em nenhum dos acessos avaliados.

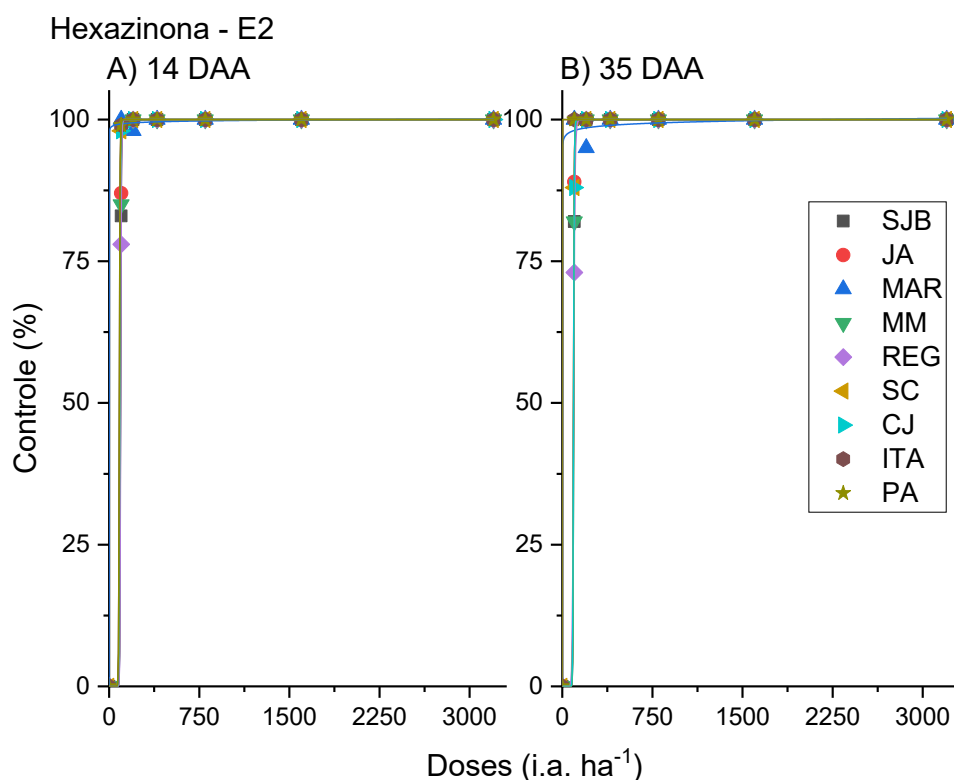


Figura 5. Resposta dos acessos de *Sporobolus indicus* ao hexazinona no estágio E2 aos 14 e 35 DAA.

Tanto no Estágio 1, quanto no Estágio 2, foi observada a redução na quantidade de massa seca de raiz dos acessos quando submetidos à aplicação de hexazinona (Figura 6), já nas menores doses utilizadas, apresentando coeficiente de determinação excelente para E1, variando entre $R^2 = 0,91$ e $R^2 = 0,99$, e coeficiente de determinação variando de $R^2 = 0,63$ (moderado) a $R^2 = 0,99$ (excelente), para E2. Com isso, foi observado baixo efeito dose-dependente para esse fator analisado, com os acessos não apresentando diferença entre si na massa seca da raiz.

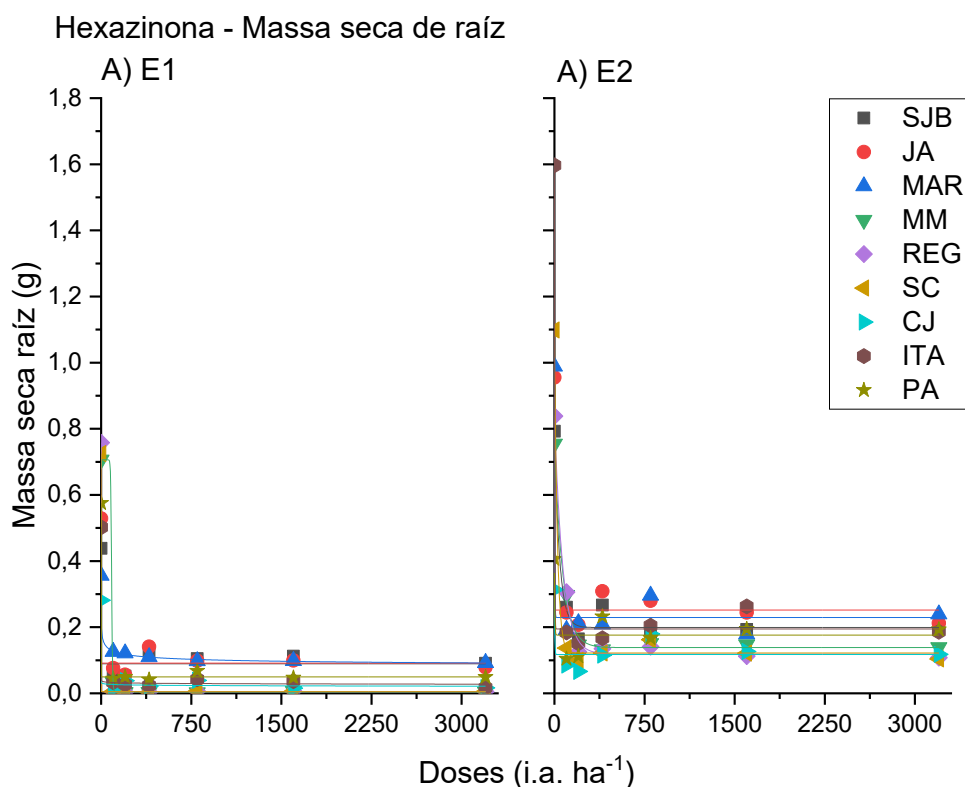


Figura 6. Massa seca de raiz de acessos de *Sporobolus indicus* em resposta a doses do hexazinona nos estádios E1 e E2.

Para o Estágio 1 e Estágio 2, foi observado redução na quantidade de massa seca da parte aérea dos acessos quando submetidos a aplicação de hexazinona (Figura 7), já nas menores doses utilizadas, não havendo diferenças relacionadas à dose utilizada, apresentando coeficientes de determinação excelentes, tanto para E1, quanto para E2, variando entre $R^2 = 0,99$ e $R^2 = 1,00$. Com isso, foi observado baixo efeito dose-dependente para o fator analisado, com os acessos não apresentando diferença entre si na massa seca da parte aérea relacionado com a dose utilizada.

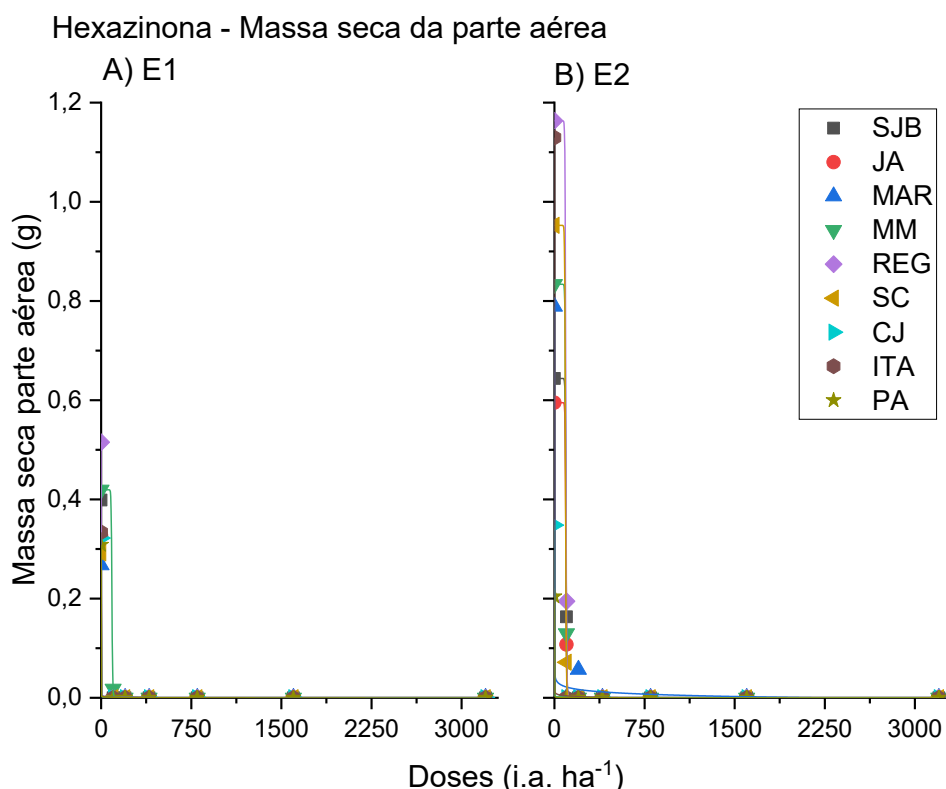


Figura 7. Massa seca da parte aérea de acessos de *Sporobolus indicus* em resposta a doses do hexazinona nos estádios E1 e E2.

No Estágio 1 para o cletodim (Figura 8), os acessos apresentaram respostas diferentes entre si, indicando maior efeito dose-dependente. Aos 14 DAA, os acessos de Jales (JA), São Carlos (SC), São Joaquim da Barra (SJB), apresentaram menor controle inicial quando submetidos à aplicação das menores doses, com SJB e Paraibúna (PA) apresentando controle de aproximadamente 85%, diferente dos demais que apresentaram 100% de controle. Com coeficientes de determinação excelentes variando de $R^2 = 0,87$ (alto) a $R^2 = 0,99$ (excelente). Aos 35 DAA, foi observado um aumento da taxa de controle dos acessos, porém, Registro (REG), PA e SC, apresentaram controle final de aproximadamente 90 a 95%, indicando menor sensibilidade e maior dependência das doses para controle total dos acessos, com coeficientes de determinação variando de aproximadamente, $R^2 = 0,78$ (bom) e $R^2 = 1,00$ (excelente). De maneira geral, os acessos apresentaram resposta excelente de controle quando submetidos à aplicação de cletodim, variando a resposta entre as cidades, indicando maior efeito dose-dependente entre os acessos.

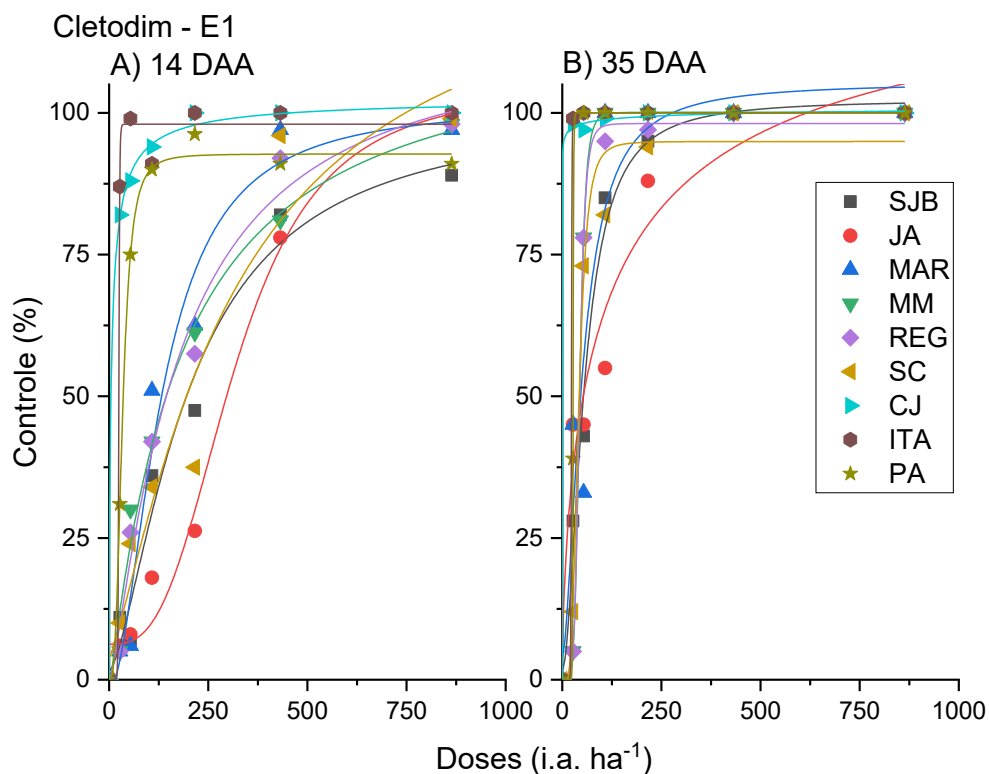


Figura 8. Resposta dos acessos de *Sporobolus indicus* ao cletodim no estágio E1 aos 14 e 35 DAA.

No Estágio 2 para o cletodim (Figura 9), os acessos apresentaram respostas diferentes entre si, principalmente aos 14 DAA, indicando maior efeito dose-dependente nos primeiros dias após a aplicação. Aos 14 DAA, os acessos não apresentaram controle total, com São Joaquim da Barra (SJB), Jales (JA), Registro (REG) e Mogi Mirim (MM), apresentando, respectivamente, menor sensibilidade quando submetidos à aplicação do herbicida, com controle variando de 25 a 60%, respectivamente, entre os acessos. Com coeficientes de determinação excelentes variando de $R^2 = 0,79$ (bom) a $R^2 = 0,97$ (excelente), para 14 DAA. Aos 35 DAA, foi observado um aumento da taxa de controle dos acessos, porém, SJB, SC e Campos do Jordão (CJ) apresentaram controle final de aproximadamente 90 a 95%, indicando menor sensibilidade ou maior capacidade de recuperação e maior dependência das doses para controle total dos acessos, com coeficientes de determinação variando de aproximadamente $R^2 = 0,79$ (bom) a $R^2 = 0,99$ (excelente). De maneira geral, os acessos apresentaram resposta excelente de

controle quando submetidos à aplicação de cletodim, variando a resposta entre as cidades, indicando maior efeito dose-dependente entre os acessos.

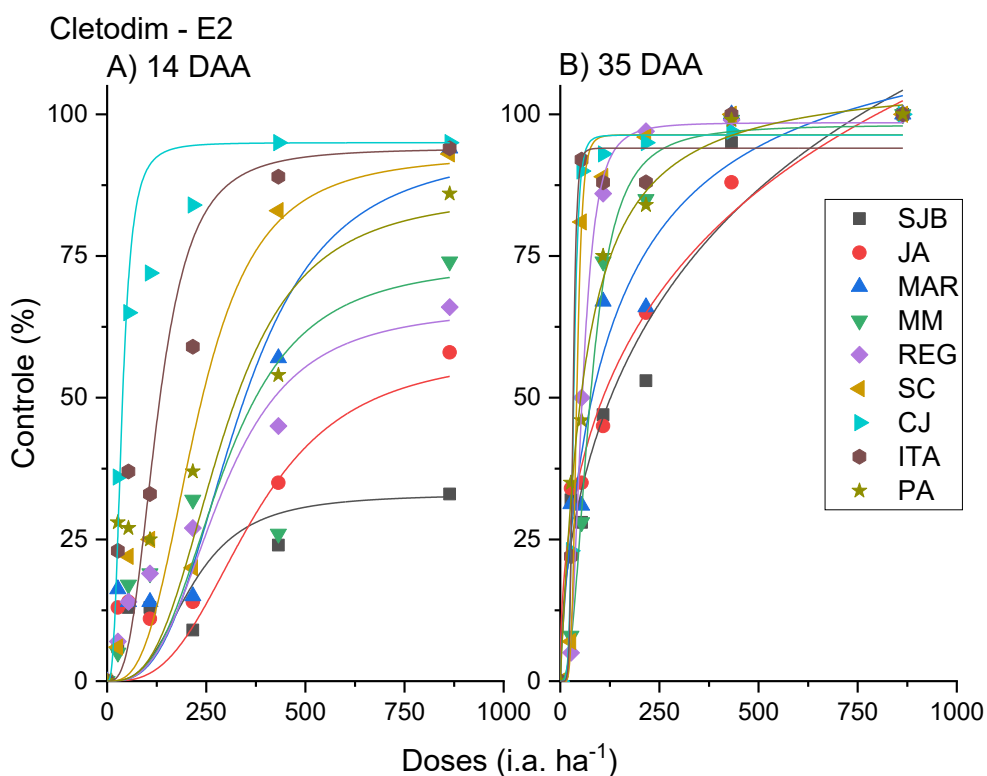


Figura 9. Resposta dos acessos de *Sporobolus indicus* ao cletodim no estágio E2 aos 14 e 35 DAA.

Os acessos submetidos à aplicação de cletodim (Figura 10) apresentaram diferença na redução da quantidade de massa seca de raiz nos dois estágios avaliados. No Estágio 1, foi observado em Mogi Mirim (MM) e Marília (MA) efeito dose-dependente, no qual a quantidade de massa foi reduzida com o incremento da dose utilizada, os demais acessos não apresentaram essa variação, com coeficiente de determinação variando de $R^2 = 0,84$ (alto) a $R^2 = 0,99$ (excelente) para E1. Já para Estágio 2, foi observado efeito dose-dependente para todos os acessos avaliados, com o valor da massa de raiz reduzindo com o aumento da dose, com destaque para os acessos oriundos de Jales (JA) e Marília (MA), o coeficiente de determinação para E2 variou de $R^2 = 0,49$ (baixo, valor do acesso de Paraibúna (PA), que apresentou maior dispersão entre as médias avaliadas para a variável de massa seca de raiz) a $R^2 = 0,98$ (excelente). Com isso, em ambos os estágios

avaliados foram possíveis observar efeito dose-dependente nos acessos submetidos a aplicação em.

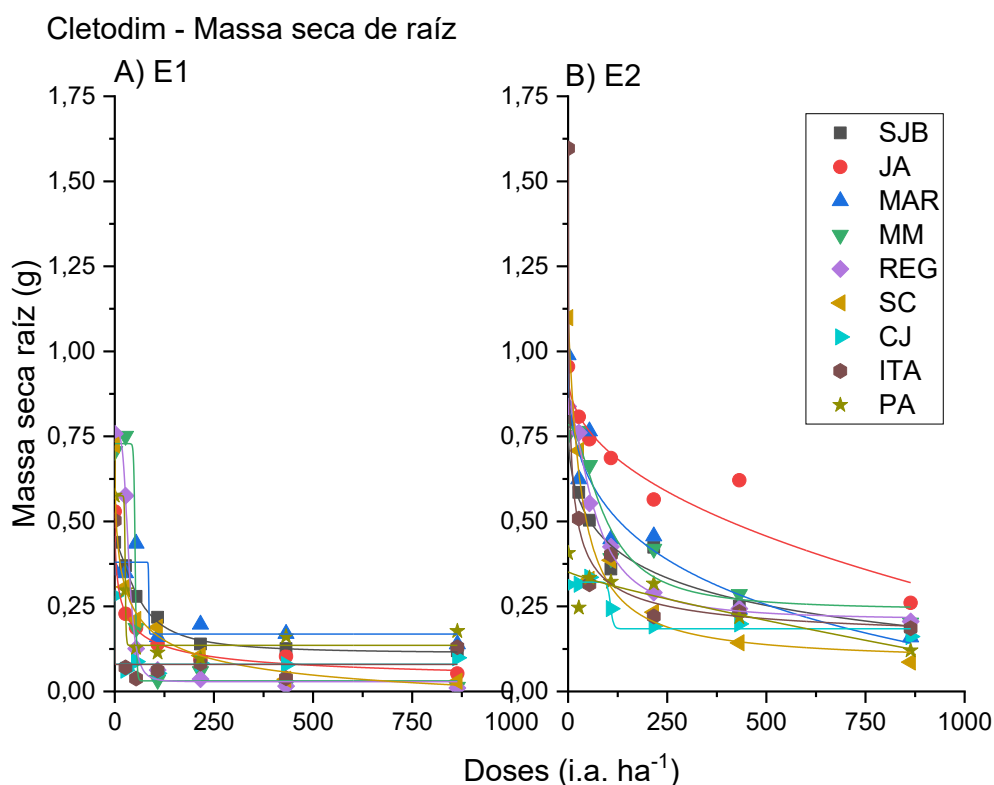


Figura 10. Massa seca de raiz de acessos de *Sporobolus indicus* em resposta a doses de cletodim nos estádios E1 e E2.

Quando os acessos foram submetidos à aplicação do cletodim (Figura 11), no Estágio 1, foi observada a redução na quantidade de massa seca da parte aérea, com coeficiente de determinação variando de $R^2 = 0,87$ a $R^2 = 0,99$, não sendo observado efeito dose-dependente para esse fator no Estágio 1. Já no Estágio 2, foi observada redução na quantidade de massa seca da parte aérea, com Jales (JA), São Joaquim da Barra (SJB), Mogi Mirim (MM) e Marília (MA) apresentando efeito dose-dependente, no qual a quantidade de massa foi reduzindo com o aumento da dose, com o Estágio 2 apresentando coeficiente de determinação variando de $R^2 = 0,78$ (bom) a $R^2 = 0,98$ (excelente). Com isso, foi observado efeito dose-dependente nos acessos submetidos à aplicação no Estágio 2 para o fator analisado.

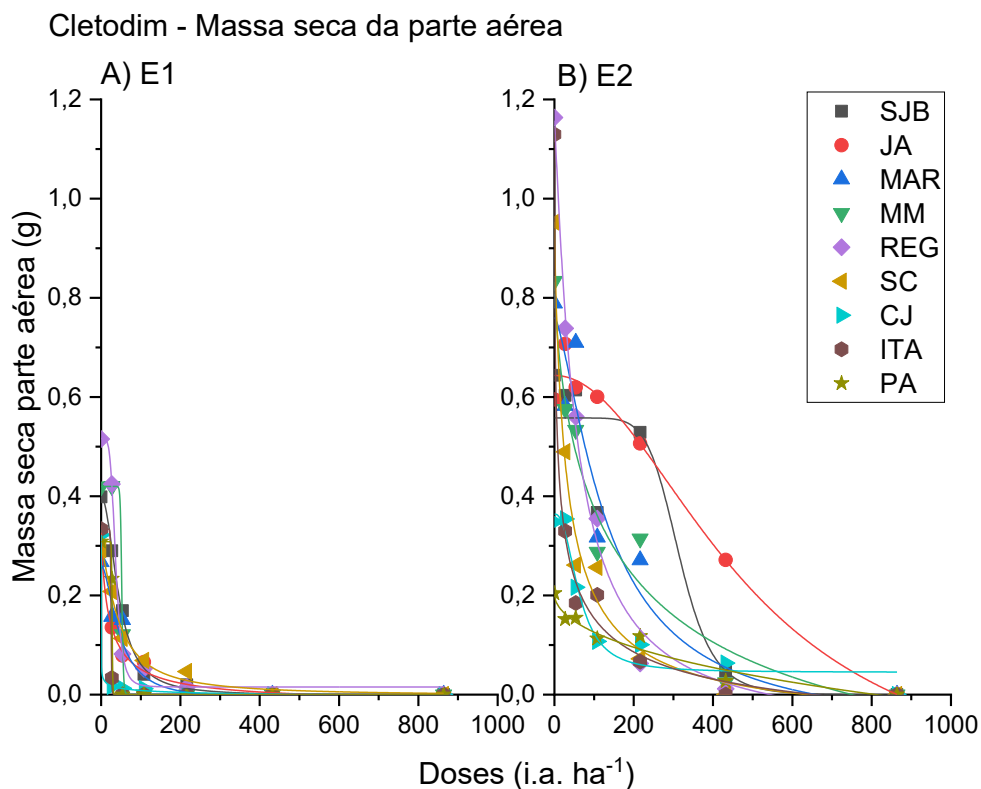


Figura 11. Massa seca da parte aérea de acessos de *Sporobolus indicus* em resposta a doses de cletodim nos estádios E1 e E2.

No Estágio 1, o controle dos acessos quando submetidos a aplicação com glifosato (Figura 12), tanto aos 14 quanto aos 35 DAA, todos os acessos apresentaram controle excelente de 100%, mesmo nas menores doses, porém Campos do Jordão (CJ) e Paraibúna (PA) apresentaram resposta mais dose-dependente, com coeficientes de determinação variando de $R^2 = 0,87$ (alto) a $R^2 = 0,99$ (excelente), para 14 DAA, e para 35 DAA, variando de $R^2 = 0,99$ a $R^2 = 1,00$, excelentes. Resultados que indicam boa resposta inicial dos acessos, quando submetidos à aplicação de glifosato mesmo nas menores doses, sem sinais de recuperação ou rebrote das plantas nos acessos avaliados.

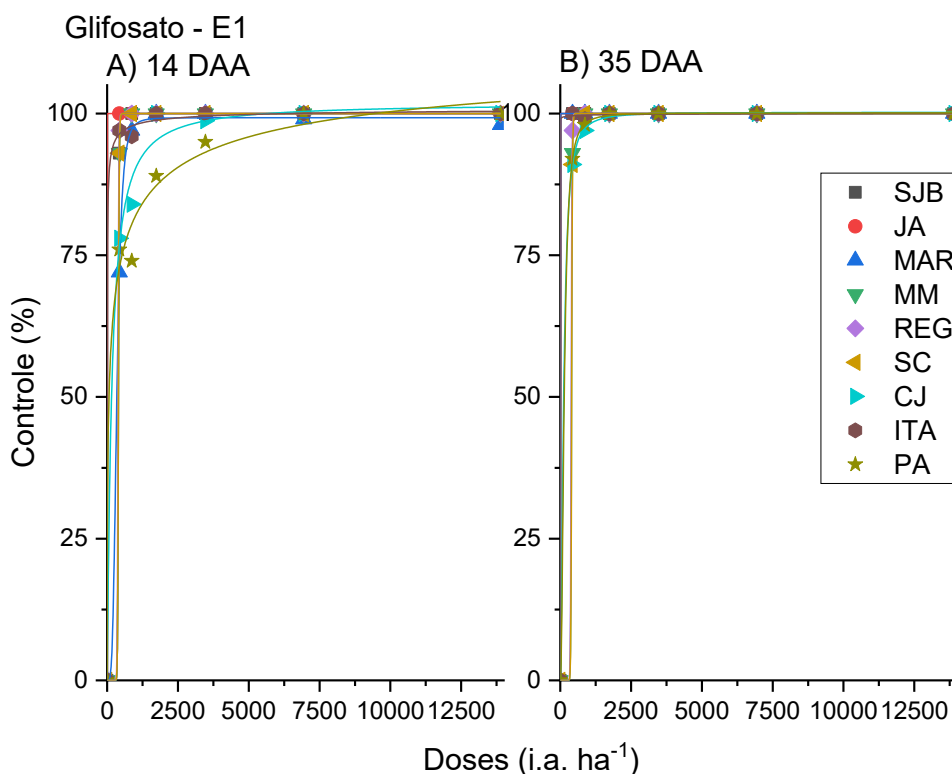


Figura 12. Resposta dos acessos de *Sporobolus indicus* ao glifosato no estágio E1 aos 14 e 35 DAA.

No Estágio 2 para o glifosato (Figura 13), o controle dos acessos apresentou diferentes respostas entre si. Aos 14 DAA, Campos do Jordão (CJ), São Joaquim da Barra (SJB), Marília (MA), Mogi Mirim (MM) e Paraibúna (PA) apresentaram menor sensibilidade inicial quando submetidos à aplicação das menores doses do herbicida, com coeficientes de determinação variando de $R^2 = 0,86$ (alto) a $R^2 = 0,99$ (excelente), para 14 DAA. Porém, ao 35 DAA, todos os acessos apresentaram aumento das taxas de controle, de 100% (excelente), com coeficientes de determinação variando de $R^2 = 0,96$ a $R^2 = 0,99$, excelentes. Resultados que indicam excelente resposta dos acessos no estágio mais desenvolvido das plantas, mesmo quando submetidos à aplicação de glifosato nas menores doses.

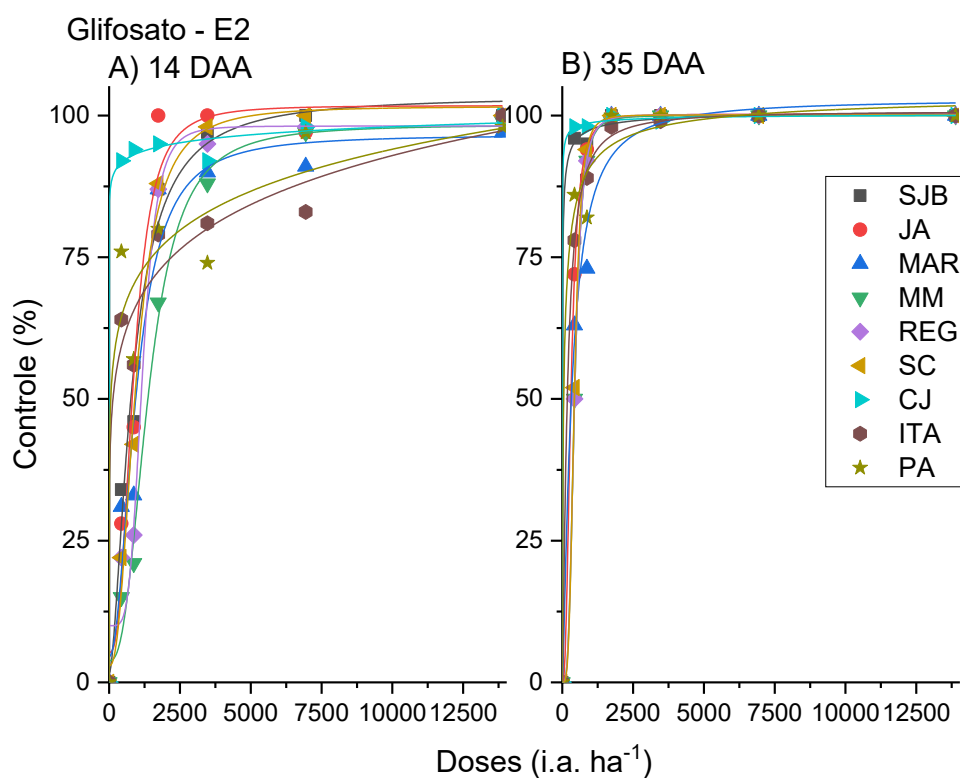


Figura 13. Resposta dos acessos de *Sporobolus indicus* ao glifosato no estágio E2 aos 14 e 35 DAA.

Com a aplicação do glifosato (Figura 14), tanto no Estágio 1 quanto no Estágio 2, foi observada redução na quantidade de massa seca de raiz, mesmo nas menores doses utilizadas, apresentando coeficiente de determinação excelente para E1, variando entre $R^2 = 0,94$ e $R^2 = 0,99$, e coeficiente de determinação variando de $R^2 = 0,71$ (bom) a $R^2 = 0,99$ (excelente), para E2. Com isso, foi observado baixo efeito dose-dependente para esse fator analisado, com os acessos não apresentando diferença entre si para a massa seca da raiz.

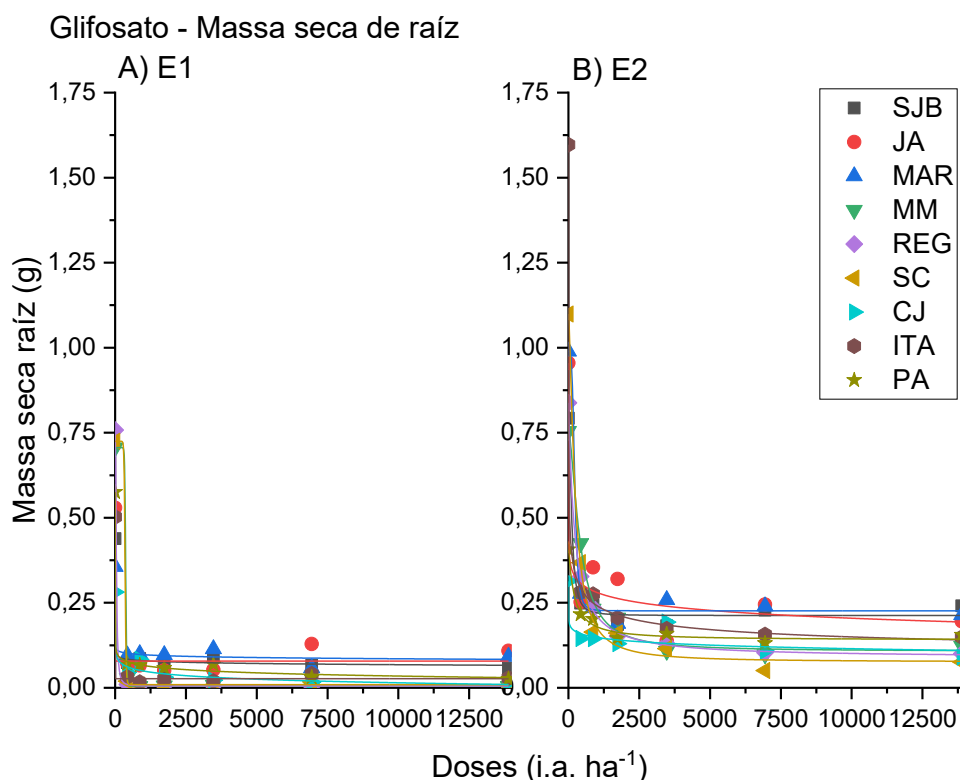


Figura 14. Massa seca raízes de acessos de *Sporobolus indicus* em resposta a doses de glifosato nos estádios E1 e E2.

Os acessos submetidos à aplicação de glifosato (Figura 15) apresentaram diferença na redução da quantidade de massa seca da parte aérea nos dois momentos de aplicação avaliados. No Estágio 1, foi observado em Campos do Jordão (CJ) e Jales (JA) efeito dose-dependente, no qual a quantidade de massa foi reduzida com o incremento da dose utilizada, os demais acessos não apresentaram essa variação, com coeficiente de determinação variando de $R^2=0,90$ (excelente) a $R^2=0,99$ (excelente) para E1. Já para o Estágio 2, foi observado efeito dose-dependente para os acessos oriundos de São Joaquim da Barra (SJB), Mogi Mirim (MM) e Registro (REG), com o valor da massa reduzindo com o aumento da dose, com coeficiente de determinação variando de $R^2=0,79$ (bom) a $R^2=0,99$ (excelente). Com isso, foi observado efeito dose-dependente nos acessos submetidos à aplicação em ambos os estágios avaliados.

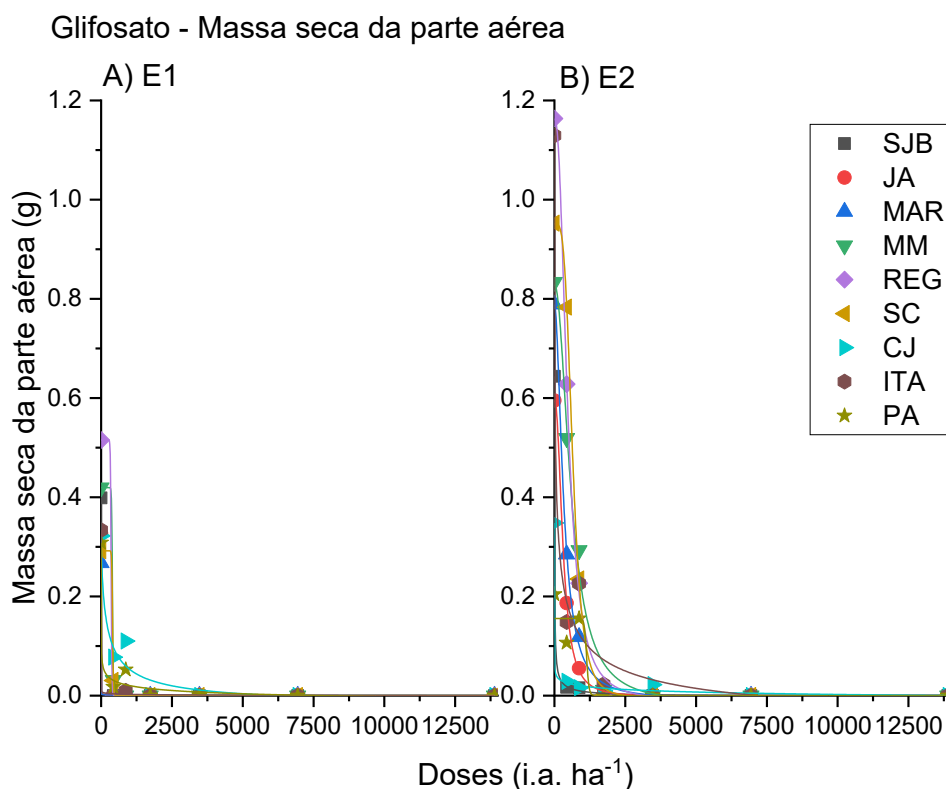


Figura 15. Massa seca da parte aérea de acessos de *Sporobolus indicus* em resposta a doses do glifosato nos estádios E1 e E2.

Além disso, a AUC relativa (Figura 16) aumentou à medida que as doses dos herbicidas foram elevadas, indicando maior controle acumulado dos acessos ao longo dos 35 dias de avaliação. Entretanto, a intensidade dessa resposta variou conforme o herbicida, o acesso e a dose utilizada. Entre os herbicidas, o hexazinona apresentou os maiores valores de AUC e a resposta mais uniforme entre as cidades e os estágios de desenvolvimento. No E1, os valores foram superiores a 90%, enquanto no E2 permaneceram acima de 80% (excelente) mesmo nas menores doses avaliadas. A única exceção foi o acesso de Mogi Mirim, que apresentou AUC relativa de 77% com 0,25x a dose, sendo o único valor inferior a 80% no E2.

O glifosato também apresentou elevada eficiência no estágio E1, inclusive nas menores doses. Contudo, no E2 foi observada maior variação entre os acessos, e apenas na dose recomendada todos apresentaram AUC superior a 80%. A exceção foi o acesso de Campos do Jordão, que teve AUC superior a 90% mesmo com 0,25x a dose. Já o cletodim apresentou maior variação e efeito dose-

dependente nos dois estágios, principalmente no E2. Nesse estágio, acessos como os de São Joaquim da Barra e Jales não ultrapassaram 80% de AUC, mesmo com oito vezes a dose utilizada, indicando diferenças na sensibilidade dos acessos a essa molécula.

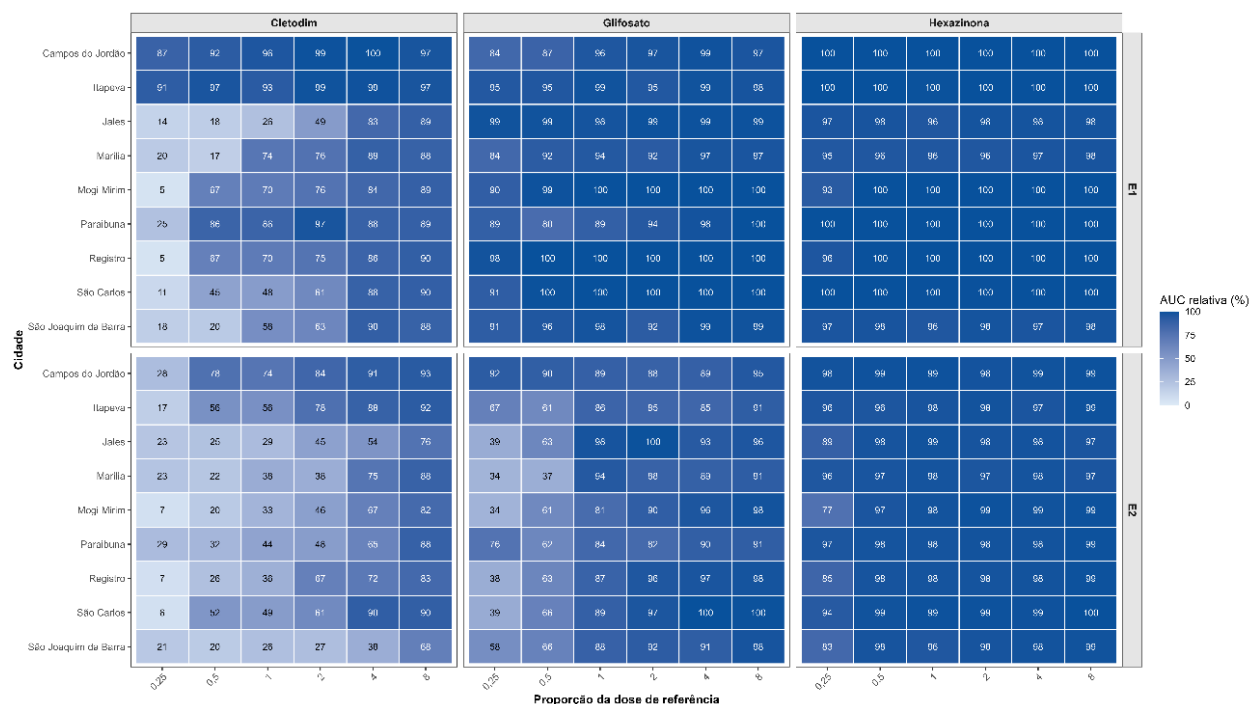


Figura 16. AUC relativa do controle químico durante os 35 dias após aplicação

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que a eficácia do controle químico do *Sporobolus indicus* (capim-capeta) apresenta diferenças relacionadas à origem de cada acesso, oriundo de diferentes regiões edafoclimáticas contrastantes, ao estágio fenológico da planta e aos mecanismos de ação de cada herbicida utilizado. Essas diferenças de resposta reforçam a necessidade de estratégias de manejo adaptadas às características locais.

Dentre os herbicidas avaliados nos estudos disponíveis, a hexazinona destaca-se pela elevada eficácia de controle. No presente trabalho, esse herbicida apresentou a resposta mais consistente entre os diferentes acessos e estágios fenológicos da planta. A hexazinona pertence ao grupo químico das triazinonas e

atua por meio da inibição do fotossistema II, interrompendo o transporte de elétrons durante a fotossíntese. Como consequência, provoca inicialmente clorose internerval e marginal, seguida de necrose dos tecidos e morte das plantas suscetíveis (Ferrell e Mullahey, 2006).

Além disso, o hexazinona é um herbicida sistêmico, predominantemente absorvido pelas raízes e depois translocado para a parte aérea via xilema (Mendes e Silva, 2022; Shaner, 2014), exigindo concentrações letais na zona radicular para expressar seu potencial de controle. Com isso, temperaturas mais altas promovem aumento na absorção de água pela planta (McWhorter, 1981), pois temperaturas altas elevam os níveis de transpiração da planta, consequentemente a perda de água, aumentando assim a absorção radicular de água (Sadok, Lopez e Smith, 2021), logo, maior absorção do herbicida, dito isso, a alta temperatura média no presente trabalho pode ser correlacionada com a alta eficiência de alguns tratamentos, pelo aumento na absorção dessas moléculas.

Ademais, Howard et al. (2023) realizaram um estudo em três períodos de aplicação (Primavera, Verão e Outono), em duas localidades diferentes nos Estados Unidos, utilizando 520 g i.a. ha⁻¹ do glifosato isolado, em plantas de capim-capeta variando de 30,5 a 60,1 cm de altura (plantas já estabelecidas na área). Nesse estudo, a taxa de controle variou entre 0% e 52%, dependendo da localização e da estação do ano.

Outro aspecto observado com a aplicação do hexazinona foi a redução da biomassa radicular em todos os acessos avaliados, representando uma queda de aproximadamente 90% no Estágio 1 e aproximadamente 80% no Estágio 2, resultado semelhante foi observado por Akanbi, Russell e Davis (2026) que verificaram que o hexazinona reduziu em 72% a biomassa radicular de *Setaria parviflora*.

Atualmente, a literatura reporta, majoritariamente, doses entre 0,56 a 1,12 kg i.a. ha⁻¹ de hexazinona para o controle eficiente de *S. indicus* (Dias et al., 2025; Rana et al., 2015) porém o presente trabalho evidenciou excelente controle em ambos os estágios fenológicos a partir de 200 g i.a. ha⁻¹ aos 14 DAA, sem sinais de rebrota ou recuperação das plantas aos 35 DAA, representando uma redução de cinco vezes das doses normalmente utilizadas para o manejo da espécie duas

semanas após a aplicação, evidenciando como diferentes regiões podem influenciar no padrão de resposta da planta.

Similar à hexazinona, a aplicação com o glifosato apresentou resposta consistente entre os acessos avaliados. O glifosato atua inibindo a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), bloqueando a rota do ácido chiquímico e impedindo a síntese dos aminoácidos aromáticos, resultando na morte da planta entre 5 e 14 dias (Mendes e Silva, 2022). Esses resultados corroboram os observados no presente trabalho principalmente entre os acessos no Estágio 1, nos quais, mesmo nas menores doses aplicadas, o controle observado foi superior a 80% aos 14 DAA.

Além disso, House (2021) utilizou uma conversão para a dose aplicada, baseada na relação da densidade de plantas por hectare, considerando uma planta a cada 2 m² (50% de cobertura do solo, considerada uma infestação média), correspondente a 0,19, 0,38 e 0,94 g i.a. por planta, equivalente a 950, 1900 e 4700 g i.a. ha⁻¹. Essas doses proporcionam controle de 100% para todas as doses aplicadas nas localidades testadas aos 30 DAA. Esses resultados corroboram, em parte, os observados no presente trabalho, no qual doses a partir de 868 g i.a. ha⁻¹ proporcionam acima de 70% de controle no Estágio 1 aos 14 DAA e acima de 95% aos 35 DAA para todos os acessos avaliados. No entanto, para o Estágio 2, a dose a partir de 1736 g i.a. ha⁻¹ proporcionou praticamente em todos os acessos 100% de controle.

Esses resultados, juntamente com os obtidos no presente trabalho, evidenciam que a efetividade no controle do capim-capeta submetido à aplicação com glifosato está diretamente relacionada ao estágio de desenvolvimento da planta, no presente estudo, taxas de controle de 100% foram observadas para todos os acessos com 1736 g i.a. ha⁻¹ no Estágio 1. Entretanto, os acessos São Joaquim da Barra (SJB), Jales (JA), Marília (MA) e Itapeva (ITA) apresentaram controle máximo já com 434 g i.a. ha⁻¹ aos 35 DAA. Em comparação com Howard *et al.* (2023), que plantas estabelecidas apresentaram taxas de controle inferiores a 60% com 520 g i.a. ha⁻¹, para o Estágio 2, foram necessárias doses mais elevadas para atingir o controle máximo.

Foi observada em ambos os estágios avaliados, para todos os acessos, uma redução da biomassa com o incremento da dose, tanto a massa seca da parte

aérea, quanto para a massa seca de raiz, variando entre os acessos. Resultados semelhantes aos relatados por Owen e Powles (2010), que evidenciaram a redução de biomassa de diferentes populações de azevém (*Lolium rigidum*) submetidas à aplicação de doses crescentes de glifosato.

Neste estudo, o herbicida que apresentou maior variação de resposta em todos os acessos foi o cletodim, principalmente em relação ao estágio fenológico de aplicação da planta. Além disso, foi observada uma resposta mais lenta dos sintomas de intoxicação quando comparada aos demais herbicidas avaliados, característica típica dos inibidores da acetil-CoA carboxilase (ACCase), dos quais os sintomas se manifestam a partir de 21 DAA, inibindo a síntese de ácidos graxos, comprometendo o desenvolvimento da planta (Mendes e Silva, 2022; Milagres e Freitas, 2021; Roman et al., 2005).

Também foi observado que a eficácia do controle com aplicação de cletodim está diretamente relacionada ao estágio de desenvolvimento da planta, corroborando outros estudos que demonstram que a eficácia do controle de outras gramíneas daninhas submetidas a aplicação de cletodim diminui à medida que a planta se desenvolve (Clobas-Celiz et al., 2025; Presoto et al., 2020).

Ademais, Santos (2021) observou respostas distintas entre acessos de capim-navalha (*Paspalum virgatum*) submetidos à aplicação de 240 g i.a. ha⁻¹ de cletodim, resultando em 91,25%, 85%, 85% e 92% para os acessos PAVRE, PAVME, PAVRL e PAVML, respectivamente, aos 42 dias após aplicação, indicando diferença de sensibilidade entre os acessos para o herbicida testado. Esses resultados estão de acordo com os observados no presente trabalho no quesito do comportamento distinto entre os acessos, porém em relação a dose, o capim-capeta foi menos sensível ao cletodim, sendo necessária dose de 864 g i.a. ha⁻¹ para que São Joaquim da Barra (SJB), Jales (JA), Campos do Jordão (CJ) e Paraibuna (PA) apresentassem 100% de controle no Estágio 2. Porém, Marília (MA), São Carlos (SC) e Itapeva (ITA) apresentaram 100% de controle no mesmo estágio com 432 g i.a. ha⁻¹.

Deste modo, em ambos os estágios avaliados, as plantas apresentaram respostas distintas às doses aplicadas com cletodim, principalmente no estágio mais desenvolvido das plantas, evidenciando que, acessos oriundos de regiões

diferentes podem apresentar maior ou menor sensibilidade à molécula, consequentemente influenciando no manejo.

Outro aspecto observado no presente trabalho foi a redução da biomassa final dos acessos, principalmente no estágio mais inicial da planta, apresentando efeito dose-dependente. Nesse sentido, doses maiores apresentaram maior efetividade de controle e redução de massa final, de acordo com os trabalhos realizados por Bianchi et al. (2020) e por Nandula et al. (2020), nos quais a aplicação isolada do cletodim com incremento da dose, apresentou maior controle visual e redução de biomassa de biótipos de capim-amargoso e azevém, respectivamente.

Entretanto, mesmo apresentando resposta mais lenta e dependente da dose e estágio fenológico da planta, o cletodim se apresenta como uma solução viável e eficaz para o controle do capim-capeta, principalmente devido ao fato de serem poucas as moléculas diferentes e eficientes para o seu manejo (Martins et al., 2026), tornando-se interessante opção para rotação e redução do uso de um mesmo mecanismo de ação ao longo do tempo, evitando assim a seleção de indivíduos resistentes.

Com isso, os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam que o controle químico do *Sporobolus indicus* (capim-capeta) oriundo de regiões edafoclimáticas contrastantes responde de maneira distinta aos herbicidas e doses utilizadas, e ao estágio fenológico da planta. Destaca-se o hexazinona, o qual apresentou resposta mais consistente durante todo o período avaliado, com elevada eficiência mesmo nas menores doses utilizadas, sem sinais de recuperação ou rebrota.

Adicionalmente, o glifosato apresentou controle eficiente principalmente nas plantas no estágio mais inicial, evidenciando que aplicações feitas em plantas mais jovens tendem a proporcionar eficiente controle a partir das menores doses. Já o cletodim, mesmo com resposta mais inconsistente entre os acessos e lenta, se mostrou uma opção efetiva como rotação de mecanismo de ação para determinadas regiões.

Deste modo, conclui-se que, o hexazinona apresentou o controle mais eficiente do *Sporobolus indicus* em ambos estágios e acessos a partir de 200 g i.a. ha⁻¹. O glifosato também foi eficiente, principalmente no Estágio 1, com destaque

para São Joaquim da Barra, Jales, Marília e Itapeva, que atingiram controle máximo com 434 g i.a. ha⁻¹ aos 35 DAA. No Estágio 2, foram necessárias doses maiores. O cletodim apresentou resposta mais lenta e variável entre acessos e estágios, com destaque para Marília, São Carlos e Itapeva que foram os mais suscetíveis no Estágio 2.

5 REFERÊNCIAS

Akanbi T, Russell D, Davis F (2026) Influence of simulated rainfall timing on the efficacy of hexazinone and quinclorac for the control of knotroot foxtail (*Setaria parviflora*). **Weed Technology** 40. DOI: 10.1017/wet.2026.10097.

Alves PLCA, Bachega MF, Moro JR, Lemos MVF, Alves ECC, Silva MAS, Moro FV (2003) Identification and characterization of different accessions of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*). **Weed Science** 51:177-180. DOI: 10.1614/0043-1745(2003)051[0177]2.0.CO;2.

Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology** 26:32-46. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x.

Bianchi L, Anunciato VM, Gazola T, Perissato SM, Dias RC, Tropicaldi L, Carbonari CA, Velini ED (2020) Effects of glyphosate and clethodim alone and in mixture in sourgrass (*Digitaria insularis*). **Crop Protection** 138:105322. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105322.

Boechat SC, Longhi-Wagner HM (1995) O gênero *Sporobolus* (Poaceae: Chloridoideae) no Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 9:21-86. DOI: 10.1590/S0102-33061995000100002.

Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology** 18:117-143. DOI: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x.

Clobas-Celiz AR, Marshall MW, Anco DJ, Kuttly SN (2025) Evaluation of weed size and adjuvants on Texas panicum control with clethodim. **Weed Technology** 39. DOI: 10.1017/wet.2025.25.

Dias JCLS, Mncube TL, Sellers BA, Ferrell JA, Enloe SF, Vendramini JMB, Moriel P (2025) *Sporobolus indicus* var. *pyramidalis* management in response to hexazinone rates, rainfall, and application timing in Florida pasture systems. **Invasive Plant Science and Management** 18. DOI: 10.1017/inp.2025.15.

Hitchcock AS, Chase A (1951) **Manual of the grasses of the United States**. 2. ed. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.

House MT (2021) **The impact of equipment and methodology on herbicide efficacy for controlling smutgrass (*Sporobolus indicus* var. *indicus*)**. Thesis (Master of Science in Agronomy) – Texas A&M University, College Station.

Howard ZS, Nolte SA, Hussey M, Treadwell ML, Sellers B (2023) Evaluation of chemical control and seasonal application options for smutgrass (*Sporobolus indicus*). **Weed Technology** 37:530-536. DOI: 10.1017/wet.2023.70.

Koteyeva NK, Voznesenskaya EV, Pathare VS, Borisenko TA, Zhurbenko PM, Morozov GA, Edwards GE (2023) Biochemical and structural diversification of C4 photosynthesis in tribe Zoysieae (Poaceae). **Plants** 12:4049. DOI: 10.3390/plants12234049.

McWhorter CG (1981) Effect of temperature and relative humidity on translocation of ¹⁴C-metriflufen in johnsongrass (*Sorghum halepense*) and soybean (*Glycine max*). **Weed Science** 29:87-93. DOI: 10.1017/S0043174500025893.

Mendes KF, Silva AA (Orgs.) (2022) **Plantas daninhas: herbicidas**. São Paulo: Oficina de Textos, v. 2.

Milagres R, Freitas MAM (2020) **Controle de capim-amargoso pelo herbicida clethodim isolado e associado a outros inibidores de ACCase**. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí.

Nandula VK, Giacomini DA, Lawrence BH, Molin WT, Bond JA (2020) Resistance to clethodim in Italian ryegrass (*Lolium perenne* ssp. *multiflorum*) from Mississippi and North Carolina. **Pest Management Science** 76:1378-1385. DOI: 10.1002/ps.5650.

Owen MJ, Powles SB (2010) Glyphosate-resistant rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) populations in the Western Australian grain belt. **Weed Technology** 24:44-49. DOI: 10.1614/WT-09-054.1.

Presoto JC, Andrade JF, Souza LA, Teixeira LS, Carvalho SJP (2020) Sourgrass phenological stage and efficacy of ACCase-inhibiting herbicides. **Planta Daninha** 38. DOI: 10.1590/S0100-83582020380100089.

R Core Team (2023) **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

Rana N, Sellers BA, Ferrell JA, MacDonald GE, Silveira ML, Vendramini JM (2015) Integrated management techniques for long-term control of giant smutgrass (*Sporobolus indicus* var. *pyramidalis*) in bahiagrass pasture in Florida. **Weed Technology** 29:570-577. DOI: 10.1614/WT-D-15-00021.1.

Roman ES, Vargas L, Rizzardi MA, Hall L, Beckie H, Wolf TM (2005) **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 152 p.

Sadok W, Lopez JR, Smith KP (2021) Transpiration increases under high-temperature stress: potential mechanisms, trade-offs and prospects for crop resilience in a warming world. **Plant, Cell & Environment** 44:2102-2116. DOI: 10.1111/pce.13970.

Santos RTS (2021) **Caracterização de acessos e controle químico de *Paspalum virgatum* L.** 115 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Shaner DL (Ed.) (2014) **Herbicide handbook**. 10. ed. Lawrence: Weed Science Society of America. ISBN 978-0-615-98937-2.

Vieira VC, Alves PLCA, Picchi SC, Lemos MVF, Sena JAD (2010) Molecular characterization of accessions of crabgrass (*Digitaria nuda*) and response to ametryn. **Acta Scientiarum. Agronomy** 32:255-261. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i2.3841.

CAPÍTULO 3 – SELETIVIDADE DE DOSES DE HERBICIDAS PARA FORRAGEIRAS

1 INTRODUÇÃO

A pecuária bovina desempenha papel crucial na economia brasileira e internacional contribuindo significativamente para o PIB agropecuário e para a geração de empregos, setores que tiveram um crescimento de 8,5% e 2,2%, respectivamente, quando comparados os anos de 2025 e 2024 (CEPEA, 2026).

De acordo com o LAPIG (2023), o sistema pecuário ocupa uma área em torno de 179 milhões de hectares, representando 21,12% de todo o território nacional, o qual, desempenha um papel crucial no sistema produtivo, responsável por atender cerca de 80% das necessidades nutricionais dos animais (Mozelli Filho et al., 2021).

As gramíneas forrageiras apresentam alto potencial de produção de biomassa, desenvolvendo-se de maneira rápida e intensa, resultando em elevada quantidade de material com alto valor nutritivo disponível para o pastejo dos animais, e/ou para produção de feno, com destaque para as forrageiras dos gêneros *Urochloa*, *Megathyrsus* e *Cynodon* (Marchi e Martins, 2024), tornando assim uma forma eficiente e de baixo custo operacional para o ganho de peso animal (Santos e Martuscello, 2022).

Atualmente no Brasil, o tema degradação das pastagens vem ganhando notoriedade, uma vez que a pastagem vai perdendo sua capacidade de suporte no decorrer do tempo (Dias-Filho, 2011, 2023), tornando a área suscetível ao surgimento de plantas daninhas, as quais são prejudiciais por apresentarem baixa procura pelo animal, por competirem por espaço, luz, água e nutrientes, além de, poderem servir de abrigo para pragas, nematoides e doenças (Victoria-Filho et al., 2014), além disso, algumas plantas daninhas podem causar intoxicação do animal, lesões ao couro, ao úbere e aos mamilos (Marchi e Martins, 2024).

A espécie com maior destaque nessa problemática seria o *Sporobolus indicus* (capim-capeta), que vem ocupando de maneira rápida e agressiva pastos do país inteiro (Caceres, 2021). Desta maneira, são imprescindíveis estratégias de

manejo adequadas visando maximizar o potencial produtivo das forrageiras, evitando a redução do número de plantas por área.

O controle químico de plantas daninhas em pastagens representa um desafio no sistema de produção pecuárias, especialmente quando as espécies infestantes apresentam elevada semelhança morfofisiológica com as forrageiras. Esse é o caso do *Sporobolus indicus* (capim-capeta), considerado uma das principais espécies de plantas daninhas que vêm causando problemas em áreas por todo o país (Marchi e Martins, 2024; Caceres, 2021). Além disso, há um número reduzido de herbicidas registrados para uso em pastagens que apresentam elevada eficácia no controle desta espécie, o que dificulta seu manejo (Martins et al., 2026).

Porém, como abordado por Martins et al. (2026), a literatura referente ao controle químico do capim-capeta é extremamente limitada e carece de estudos que abordem diferentes métodos de controle, com moléculas até então inexploradas com potencial de utilização para seu manejo. No entanto, pouco se sabe sobre a resposta que essas forrageiras apresentarão quando submetidas à aplicação desses herbicidas, principalmente as espécies utilizadas nos pastos brasileiros.

Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de intoxicação das forrageiras, *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85, *Megathyrsus maximum* cv. Miyagui, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, quando aplicadas com quatro doses de três herbicidas que apresentam efetividade no controle do capim-capeta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo na Universidade Estadual Paulista, UNESP/FCAV, em Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21° 14' 37.86" S, 48° 17' 35.18" W; 590 m de altitude), em duas áreas anexas com pastagens já estabelecidas de *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85, *Megathyrsus maximum* cv. Miyagui, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e outra com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. No momento da aplicação dos tratamentos, as forrageiras encontravam-

se em fase vegetativa de rebrota após a roçada mecanizada com triturador Triton para uniformização.

O clima da região é classificado como Aw, subtropical úmido, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação proposta por Alvares et al. (2014). As condições climáticas do período experimental são apresentadas na Figura 16.

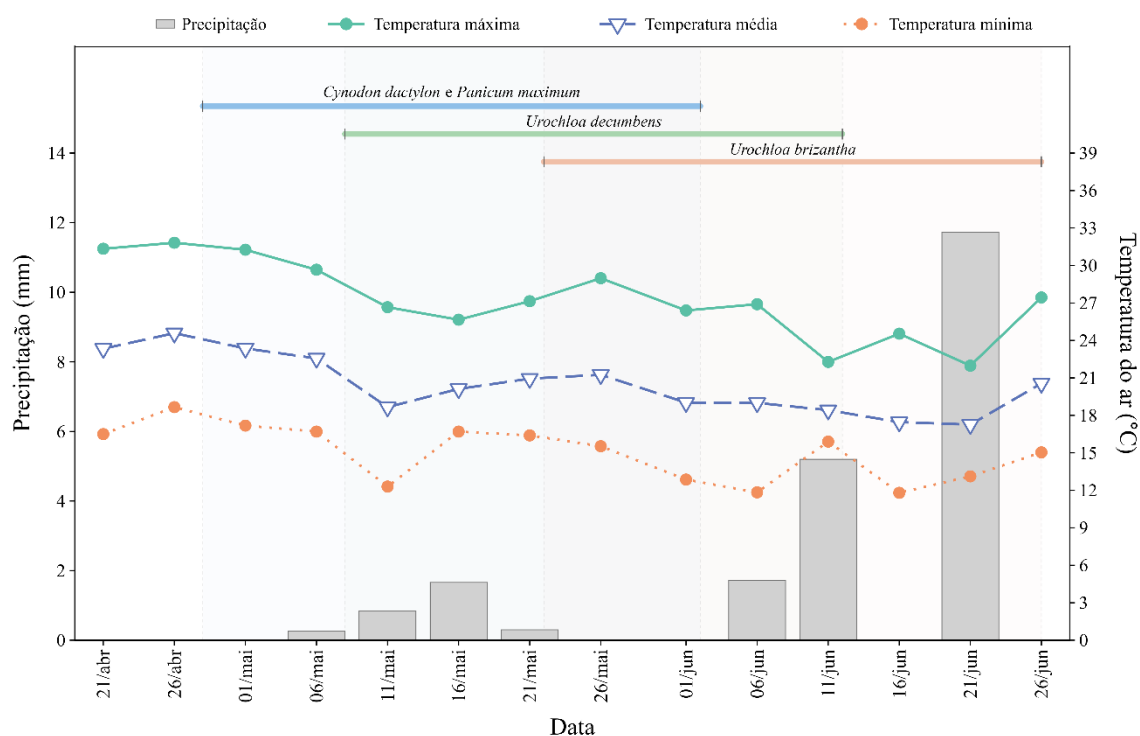


Figura 17. Dados climatológicos da área experimental durante todo o período de estudo.

Para os ensaios em campo, antes da instalação dos experimentos, foi realizada a amostragem do solo na profundidade de 0-10 cm, sendo realizadas análises químicas e físicas (Tabela 4). Na implantação das áreas, foi realizada adubação com 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-28-16.

Tabela 4. Resultado da análise química e física das áreas de *C. dactylon*, *M. maximum*, *U. decumbens* e *U. brizantha*.

Localidade	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%
------------	---	----	----	------	----	-----	----

	pH (CaCl ₂)	M.O. g.dm ⁻³	P resina mg.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³						
<i>C. dactylon</i>	5,8	29	28	7,9	44	23	18	74,3	92,3	80
<i>M. maximum</i>	4,7	15	19	4	10	6	28	20,7	48,5	43
<i>U. brizantha</i>	5,4	13	21	3,6	11	7	22	22,4	44,2	51
<i>U. decumbens</i>	5,0	13	19	3	6	4	23	13,6	36,5	37

	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classe textural
<i>C. dactylon</i>	25	3	72	Franco argiloso arenosa
<i>M. maximum</i>	40	3	57	Argilo arenosa
<i>U. brizantha</i>	40	3	57	Argilo arenosa
<i>U. decumbens</i>	40	3	57	Argilo arenosa

O experimento foi implantado em delineamento de blocos inteiramente casualizados (DBC), em esquema fatorial de 3 herbicidas x 4 doses + testemunha sem aplicação, com cinco repetições, com cada parcela possuindo 9 m² de área (3 m x 3 m), totalizando 60 parcelas experimentais para cada forrageira. Os tratamentos consistiram na aplicação dos herbicidas cletodim (Select 240 SC®), hexazinona (MagnusBR®), e glifosato (Roundup Original®), avaliados em seis doses, além de uma testemunha sem aplicação (Tabela 5). As doses estudadas corresponderam a 0,25×, 0,5×, 1× e 2× da dose recomendada.

Tabela 5. Tratamentos experimentais realizados em *C. dactylon*, *M. maximum*, *U. decumbens* e *U. brizantha*.

Trat nº	Produtos	Dosagens	
		*g L p.c. ha ⁻¹	**g i.a. ha ⁻¹
1	Testemunha	--	--
2	Clethodim – D1	0,112	27
3	Clethodim – D2	0,225	54
4	Clethodim*** – D3	0,45	108

Trat nº	Produtos	Dosagens	
		*g L p.c. ha ⁻¹	**g i.a. ha ⁻¹
5	Clethodim – D4	0,9	216
6	Hexazinona – D1	0,375	100
7	Hexazinona – D2	0,75	200
8	Hexazinona*** – D3	1,5	400
9	Hexazinona – D4	3,0	800
10	Glifosato – D1	0,5	434
11	Glifosato – D2	1,0	868
12	Glifosato*** – D3	2,0	1736
13	Glifosato – D4	4,0	3472

*gramas por litro de produto comercial por hectare; **gramas de ingrediente ativo por hectare; *** Dose recomendada. “D” = Dose.

Para a aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal com pressurização por CO₂, munido de uma barra de pulverização contendo quatro bicos espaçados em 0,5 m entre si, com pontas de pulverização Teejet modelo TTI 11002, na pressão de aproximadamente 2 bar, tendo uma gota ultragrossa, ideal para herbicidas sistêmicos. A barra de pulverização foi mantida a 0,5 m de altura em relação ao alvo, com velocidade de aplicação de 3,6 km h⁻¹, com vazão de 200 L ha⁻¹. Foram realizadas avaliações de intoxicação aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA), conforme a metodologia e escala de EWRC (1964) (Tabela 6). Entretanto, para o ajuste dos modelos de regressão, foram consideradas as avaliações realizadas aos 14 e 35 DAA.

Tabela 6. Escala de notas de EWRC (1964) adotada para avaliação de fitotoxicidade de produtos.

NOTA	FITOTOXICIDADE
1	Nula

NOTA	FITOTOXICIDADE
2	Muito leve
3	Leve
4	Regular
5	Média
6	Quase forte
7	Forte
8	Muito forte
9	Destruição total

Aos 35 DAA foi determinada a massa de forragem de matéria seca da parte aérea remanescente, expressa em kg ha^{-1} . A massa fresca foi coletada com auxílio de um quadrado metálico de $0,5 \times 0,5 \text{ m}$, lançado sistematizado três vezes em cada parcela, totalizando uma área amostrada de $1,5 \text{ m}^2$ por parcela.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos previamente identificados e pesado para a determinação da massa fresca. Em seguida, foram retiradas subamostras, que foram pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 55°C por 72 h. A produtividade de matéria seca foi calculada com base na massa fresca total, no teor de matéria seca da subamostra e na área amostrada, sendo os resultados convertidos para kg ha^{-1} . As análises foram realizadas no Laboratório de Plantas Daninhas e no Laboratório de Forragicultura e Mudanças Climáticas na UNESP, FCAV.

Após a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, utilizando-se peneira com malha de 1 mm. Para a determinação da matéria seca definitiva, aproximadamente 2 g da amostra seca ao ar foram acondicionados em pesa-filtros previamente secos e pesados. As amostras permaneceram em estufa sem circulação forçada de ar, a 105°C por 16 h, sendo posteriormente resfriadas em dessecador e novamente pesadas. O teor de amostra seca em estufa foi calculado pela relação entre a massa após a secagem definitiva e a massa da

amostra seca ao ar. O teor de matéria mineral foi determinado conforme os procedimentos da AOAC (2000).

O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl. Para isso, foram pesados de 150 a 300 mg de amostra seca ao ar, aos quais foram adicionados 2 g de mistura catalítica, composta por sulfato de potássio e sulfato de cobre na proporção 20:1, e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os tubos foram aquecidos gradualmente em bloco digestor até 400°C, permanecendo nessa temperatura até a obtenção de solução translúcida. Após o resfriamento, foram adicionados aproximadamente 10 mL de água destilada.

Na etapa de destilação, utilizaram-se 10 mL de solução de ácido bórico a 20 g L⁻¹ como solução receptora e 25 mL de solução de hidróxido de sódio a 400 g L⁻¹ para alcalinização da amostra. A destilação foi realizada até a obtenção de aproximadamente 100 mL de destilado. Posteriormente, a solução foi titulada com ácido clorídrico a 0,05 N padronizado até a mudança de coloração de verde para rosa. Em cada conjunto de análises foram incluídos, dois tubos em branco.

A fórmula utilizada para converter a produção para kg ha⁻¹ foi determinada por:

$$PMS = \frac{\text{Massa fresca da parcela} \times \text{fração de MS}}{0,75} \times 10.000$$

O teor de nitrogênio na amostra seca ao ar foi calculado por:

$$\%NASA = \frac{(V - B) \times Nv \times 14 \times 100}{ASA}$$

Os resultados foram corrigidos para a matéria seca definitiva:

$$\%NMS = \frac{\%NASA}{\%NASE} \times 100$$

O teor de proteína bruta foi obtido pela multiplicação do teor de nitrogênio na matéria seca pelo fator 6,25:

$$\%PBMS = \%NMS \times 6,25$$

2.1 Análise estatística

2.1.1 Regressão

Os dados de intoxicação de *Cynodon dactylon*, *Megathyrsus maximum*, *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens* foram submetidos à regressão não linear utilizando o modelo log-logístico de quatro parâmetros (LL.4). As análises e os ajustes das curvas foram realizados no software OriginPro® (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA). O modelo adotado foi:

$$y = A2 + (A1 - A2) / (1 + (x/x_0)^p)$$

onde:

Y = controle (%)

x = dose do herbicida (g i.a. ha⁻¹)

A1 = limite inferior da curva

A2 = limite superior da curva

p = coeficiente angular (inclinação)

x₀ = dose que proporciona 50% da resposta máxima (ED50)

Quando o modelo log-logístico não apresentou ajuste adequado, utilizou-se o modelo exponencial de primeira ordem (ExpDec1):

$$y = y_0 + A1 * e^{-\frac{x}{t1}}$$

onde:

y = fitointoxicação estimada (%)

y₀ = limite superior da curva

x = dose do herbicida (g i.a. ha⁻¹)

A1 = amplitude da resposta

t1 = constante de dose

e = base do logaritmo natural

Os ajustes foram realizados por regressão não linear via algoritmo iterativo de mínimos quadrados (Levenberg–Marquardt), padrão do Origin para modelos não lineares. As curvas foram ajustadas separadamente para cada herbicida e em cada época de avaliação, 14 e 35 DAA, selecionadas por representarem, respectivamente, uma avaliação intermediária e a avaliação final do experimento, permitindo caracterizar a evolução da resposta das forrageiras aos tratamentos ao longo do período experimental

2.1.2 Análise bromatológicas

Para cada espécie de forrageira, os dados bromatológicos foram submetidos à análise de variância. Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa AgroEstat.

3 RESULTADOS

Para o cletodim, todas as forrageiras apresentaram respostas de fitointoxicação diferentes entre si com o incremento da dose, indicando maior efeito dose-dependente (Figura 18). Aos 14 DAA, *M. maximum* e *U. decumbens* apresentaram maior sensibilidade ao herbicida, com ambos apresentando danos de intoxicação de 5 a 6 nas doses máximas (média a quase forte, respectivamente), quando comparada com *C. dactylon* e *U. brizantha*, que apresentaram intoxicação de 4 na dose máxima (regular), com coeficientes de variação de $R^2 = 0,95$ a $R^2 = 0,99$ (excelentes), com ênfase ao *M. maximum* que apresentou elevada taxa de intoxicação mesmo nas menores doses utilizadas.

Porém ao 35 DAA, foi observado uma redução da intoxicação das forrageiras nas menores doses, indicando possível recuperação das plantas, com exceção de *U. brizantha* que apresentou maior sensibilidade do herbicida ao final do período de avaliação, com média de fitotoxicidade de 5, com tratamentos

apresentando coeficientes de variação de $R^2 = 0,98$ a $R^2 = 0,99$ (excelentes) aos 35 DAA.

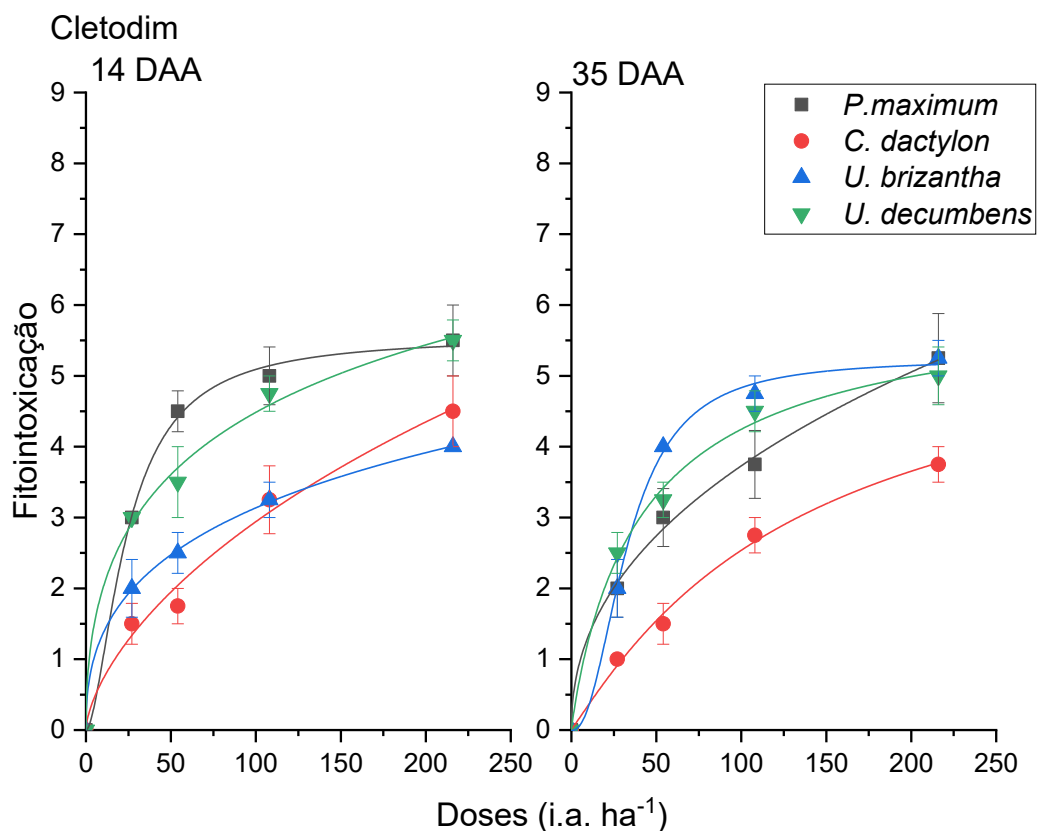


Figura 18. Fitointoxicação de *Megathyrsus maximum*, *Cynodon dactylon*, *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens* em resposta às doses de cletodim, aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA).

Para o hexazinona, as forrageiras apresentaram respostas de fitotoxicidade diferentes entre si, principalmente aos 14 DAA, no qual foi observado efeito dose-dependente para os tratamentos avaliados (Figura 19), porém com diferença na sensibilidade da forrageira ao herbicida, com *U. brizantha* apresentando maior sensibilidade, com fitotoxicidade variando de 5 (média) à 8 (muito forte), com *U. decumbens*, *M. maximum* e *C. dactylon* apresentando menor sensibilidade inicial, respectivamente, com os tratamentos apresentando coeficientes de variação de $R^2 = 0,95$ a $R^2 = 0,98$ (excelentes) aos 14 DAA.

No entanto, aos 35 DAA, todas as forrageiras apresentaram redução da fitotoxicidade, variando de 2 a 4 (muito leve a regular) nas menores doses, e 6 (quase forte) na dose máxima, com exceção de *C. dactylon* que aos 35 DAA apresentou fitotoxicidade de muito leve a leve (2 a 3) para todas as doses avaliadas, indicando recuperação das forrageiras aos 35 DAA quando submetidas à aplicação de hexazinona. Com os tratamentos apresentando coeficientes de variação de $R^2=0,85$ a $R^2=0,90$ (alto a excelente) aos 35 DAA.

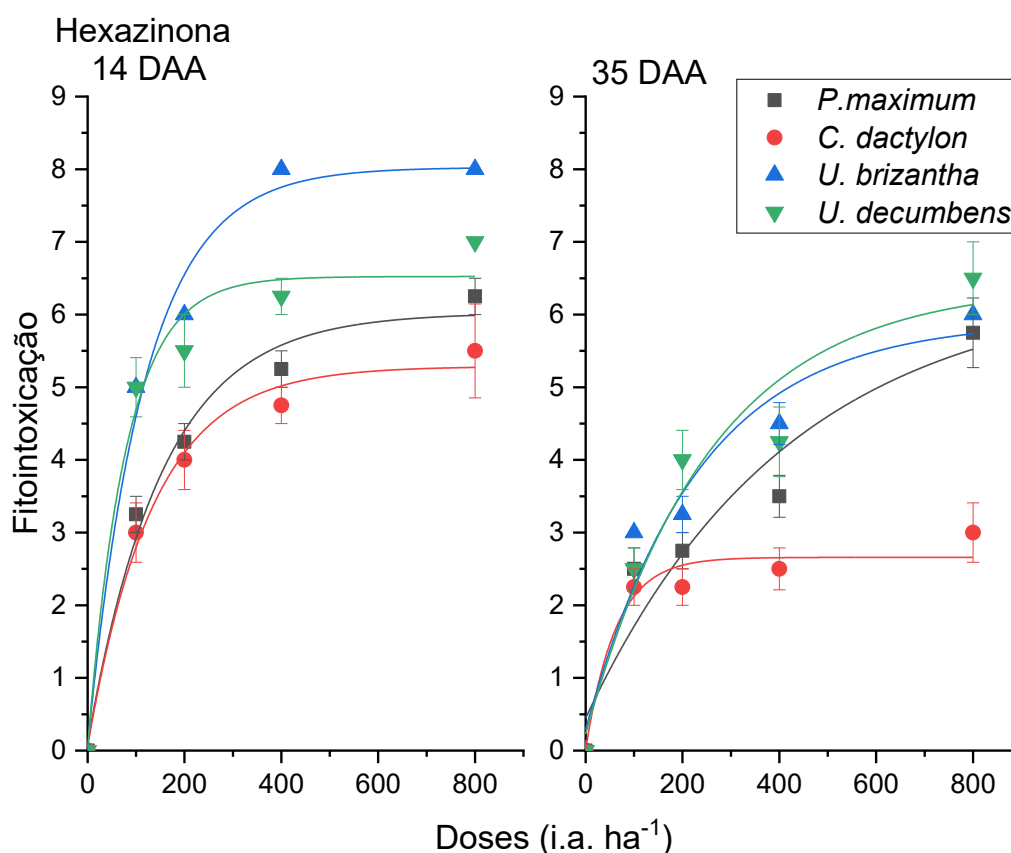


Figura 19. Fitointoxicação de *Megathyrsus maximum*, *Cynodon dactylon*, *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens* em resposta às doses de hexazinona, aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA).

Para o glifosato, todas as forrageiras avaliadas apresentaram elevada sensibilidade ao herbicida, mesmo nas menores doses utilizadas, tanto aos 14 quanto aos 35 DAA, com fitotoxicidade variando de 8 a 9 (muito forte a destruição total das plantas, respectivamente), com exceção do *C. dactylon* que apresentou

menor sensibilidade e diferença inicial entre os tratamentos submetidos à aplicação aos 14 DAA, no entanto aos 35 DAA, foi evidenciado o efeito dose-dependente, com aumento da fitotoxicidade com o incremento da dose, variando de 5 (média) nas menores dose, até 8 na dose máxima (Figura 20). Com os tratamentos apresentando coeficientes de variação de $R^2 = 0,91$ a $R^2 = 0,99$ (excelentes) aos 14 DAA, e $R^2 = 0,92$ a $R^2 = 0,99$ (excelentes) aos 35 DAA.

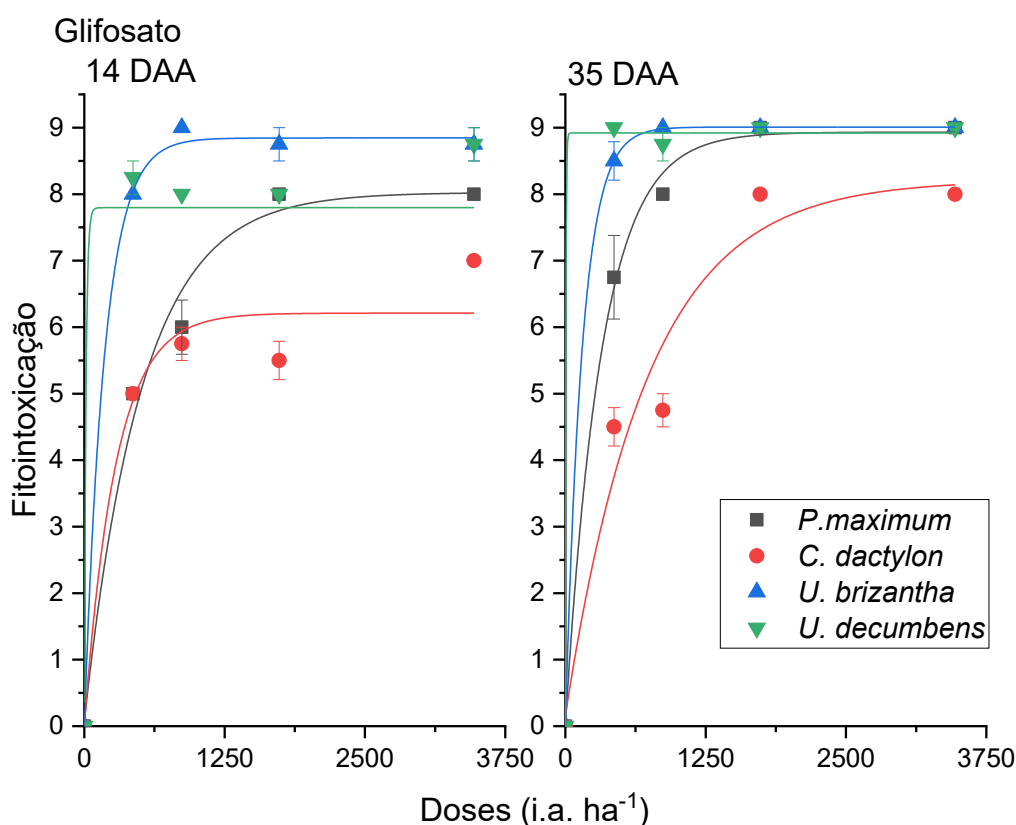


Figura 20. Fitointoxicação de *Megathyrsus maximum*, *Cynodon dactylon*, *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens* em resposta às doses de glifosato, aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA).

Para a matéria seca definitiva (Tabela 7), *C. dactylon* foi a única que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Já *U. brizantha*, apresentou diferença entre os herbicidas utilizados, com destaque para o cletodim que teve as maiores médias, em todas as doses utilizadas, um aumento de aproximadamente 2% quando comparado ao tratamento com hexazinona. Porém,

para *U. decumbens* as maiores médias foram para os tratamentos submetidos à aplicação de cletodim e hexazinona, nas menores doses avaliadas, um aumento de 1,05% e 1,62%, respectivamente, quando comparados com a testemunha. Além disso, para o *M. maximum*, com exceção dos tratamentos, 54 g i.a. ha⁻¹ para o cletodim e 434 g e.a. ha⁻¹ para o glifosato, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 7. Teor de matéria seca definitiva (% MS) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.

Matéria seca definitiva (% MS)					
Tratamentos		<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Megathyrus maximum</i>
Herbicida	Dose (g i.a. ha ⁻¹)				
Cletodim	27	96,38 a	98,56 a	98,08 a	97,03 a
Cletodim	54	98,09 a	97,87 a	97,17 b	94,41 b
Cletodim	108	98,12 a	97,97 a	97,93 a	96,49 a
Cletodim	216	98,58 a	97,93 a	97,24 b	95,74 a
Hexazinona	100	98,71 a	96,81 b	98,63 a	96,58 a
Hexazinona	200	98,19 a	96,90 b	96,60 b	97,16 a
Hexazinona	400	97,90 a	96,06 b	96,38 b	96,31 a
Hexazinona	800	97,61 a	95,33 b	96,69 b	96,69 a
Glifosato	434	97,47 a	96,52 b	-	94,33 b
Glifosato	868	97,60 a	-	-	-
Glifosato	1736	-	-	-	-
Glifosato	3472	-	-	-	-
Testemunha	-	96,99 a	97,26 a	97,06 b	96,15 a
CV (%)		1,11	0,97	0,68	1,36
F Trat		1,56NS	4,43**	3,79*	2,28*

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; "NS" não significativo pelo teste F. "-" significa ausência de biomassa vegetal suficiente para determinação da produtividade, em razão da morte das plantas.

Para os tratamentos de *C. dactylon* e *M. maximum* avaliados, a porcentagem de proteína bruta (Tabela 8) não apresentou diferença significativa entre os herbicidas e as doses aplicadas. Porém, tanto a *U. brizantha* quanto a *U. decumbens* apresentaram diferença significativa entre os herbicidas avaliados, com destaque para o hexazinona, que teve maiores médias independentemente da dose utilizada, representando um aumento de 11,0% a 29,5% quando comparado com a testemunha sem aplicação. Além disso, na *U. decumbens* foi observada diferença entre os tratamentos aplicados com cletodim, na qual a maior dose (216 g i.a. ha⁻¹) aplicada apresentou maior média de proteína bruta (%), um aumento de aproximadamente 16% quando comparado com a testemunha, e quando observado nos tratamentos submetidos à aplicação de hexazinona, representaram um aumento de 4,58% a 15,65%.

Tabela 8. Teor de proteína bruta (%) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.

Proteína bruta (%)					
Tratamentos		<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Megathyrsus maximum</i>
Herbicida	Dose (g i.a. ha ⁻¹)				
Cletodim	27	8,44 a	14,22 b	15,26 b	16,24 a
Cletodim	54	10,80 a	11,38 b	16,16 b	19,13 a
Cletodim	108	9,93 a	13,63 b	17,41 b	17,93 a
Cletodim	216	9,87 a	14,69 b	20,72 a	11,66 a
Hexazinona	100	9,96 a	16,33 a	18,71 a	16,03 a
Hexazinona	200	10,31 a	17,17 a	20,69 a	14,62 a
Hexazinona	400	9,15 a	19,18 a	20,69 a	17,77 a
Hexazinona	800	9,82 a	19,05 a	19,62 a	17,83 a
Glifosato	434	10,51 a	12,55 b	-	10,47 a
Glifosato	868	10,62 a	-	-	-
Glifosato	1736	-	-	-	-
Glifosato	3472	-	-	-	-

Testemunha	-	10,64 a	14,71 b	17,89 b	18,83 a
CV (%)		11,12	13,66	9,21	22,20
F Trat		1,21NS	4,24**	4,27**	2,08NS

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; "NS" não significativo pelo teste F. "-" significa ausência de biomassa vegetal suficiente para determinação da produtividade, em razão da morte das plantas.

Para os resultados de matéria mineral (% MS) (Tabela 9), todos tiveram diferença significativa entre os tratamentos avaliados. *C. dactylon* apresentou diferença significativa em todos os herbicidas utilizados, com destaque para os tratados com glifosato, que a aumento de 14,73% para a menor dose e de 8,67% para dose intermediária, quando comparados com a testemunha sem aplicação, seguidos pela maior dose da hexazinona que teve um aumento de 16,89% em relação a testemunha. Já *U. brizantha* foi observada menores médias apenas no tratamento aplicado com glifosato na menor dose (434 g e.a. ha⁻¹) quando comparado com os demais tratamentos. Porém, para *U. decumbens* e *M. maximum*, foram observadas maiores médias apenas nos tratamentos submetidos à aplicação de cletodim, com destaque para as menores doses, que tiveram um aumento de 31,81% e 27,35%, respectivamente, comparando-se com a testemunha sem aplicação.

Tabela 9. Teor de matéria mineral (% MS) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.

Matéria mineral (% MS)					
Tratamentos		<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Megathyrus maximum</i>
Herbicida	Dose (g i.a. ha ⁻¹)				
Cletodim	27	5,34 c	9,11 a	10,65 a	10,29 a
Cletodim	54	5,91 b	9,06 a	7,21 b	10,28 a
Cletodim	108	5,52 c	9,43 a	9,16 b	9,85 a
Cletodim	216	5,34 c	9,40 a	8,92 b	9,12 b
Hexazinona	100	5,97 b	9,28 a	8,59 b	9,41 b

Hexazinona	200	6,01 b	9,88 a	8,18 b	9,50 b
Hexazinona	400	5,85 b	9,68 a	8,75 b	9,27 b
Hexazinona	800	6,75 a	8,72 a	8,58 b	10,62 a
Glifosato	434	6,62 a	7,36 b	-	8,17 b
Glifosato	868	6,27 a	-	-	-
Glifosato	1736	-	-	-	-
Glifosato	3472	-	-	-	-
Testemunha	-	5,77 b	9,22 a	8,08 b	8,83 b
CV (%)		5,52	8,11	10,26	8,64
F Trat		8,08**	3,55**	4,39**	3,28**

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; “NS” não significativo pelo teste F. “-” significa ausência de biomassa vegetal suficiente para determinação da produtividade, em razão da morte das plantas.

Os tratamentos de *M. maximum* e *U. brizantha* apresentaram diferenças significativas na produtividade de matéria seca (kg MS ha⁻¹) (Tabela 10), com exceção de *U. decumbens* e *C. dactylon*, que não tiveram diferença significativa entre si. Assim, foi observado maior suscetibilidade nas plantas de *U. brizantha* tratadas, na qual a maior média foi para a testemunha e para o tratamento com 108 g i.a ha⁻¹ para o cletodim, sendo um aumento em relação aos demais tratamentos entre 29% e 330% dependendo do tratamento. Para o *M. maximum*, as maiores médias obtidas foram nos tratamentos com 108 g i.a ha⁻¹ para o cletodim e 200 g i.a ha⁻¹ para a hexazinona, que foi um aumento de aproximadamente 27% e 22% quando comparados com a testemunha.

Tabela 10. Produtividade de matéria seca (kg MS ha⁻¹) de forrageiras submetidas à aplicação de diferentes herbicidas e doses.

Produtividade de matéria seca (kg MS ha ⁻¹)					
Tratamentos		<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Megathyrus maximum</i>
Herbicida	Dose (g i.a. ha ⁻¹)				

Cletodim	27	1744,76 a	777,60 b	683,00 a	767,53 b
Cletodim	54	1228,00 a	801,13 b	851,26 a	775,93 b
Cletodim	108	1006,06 a	889,76 a	465,20 b	1037,33 a
Cletodim	216	871,83 a	694,30 b	360,33 b	511,46 c
Hexazinona	100	1149,57 a	590,46 b	816,06 a	890,33 b
Hexazinona	200	842,63 a	679,30 b	399,66 b	995,10 a
Hexazinona	400	1053,20 a	418,93 c	369,73 b	491,17 c
Hexazinona	800	863,63 a	235,23 c	300,30 b	434,67 c
Glifosato	434	1344,90 a	303,07 c	-	356,33 c
Glifosato	868	631,30 a	-	-	-
Glifosato	1736	-	-	-	-
Glifosato	3472	-	-	-	-
Testemunha	-	1143,73 a	1034,23 a	636,76 a	813,80 b
CV (%)		26,22	18,97	42,70	13,44
F Trat		3,36*	13,37**	2,42NS	19,43**

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; "NS" não significativo pelo teste F. "-" significa ausência de biomassa vegetal suficiente para determinação da produtividade, em razão da morte das plantas.

4 DISCUSSÃO

As forrageiras avaliadas apresentaram respostas distintas em relação aos herbicidas e às doses aplicadas, evidenciando diferenças na seletividade dos tratamentos e refletindo diretamente nos resultados das análises bromatológicas. De modo geral, a fitointoxicação aumentou com o incremento da dose dos herbicidas. Entretanto, a intensidade dos danos e a capacidade de recuperação das forrageiras variaram entre as espécies, sendo observadas diferenças expressivas nas avaliações realizadas aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA).

O glifosato foi o herbicida que causou maiores danos, mesmo nas menores doses, em *Urochloa brizantha*, *Urochloa decumbens* e no *Megathyrsus maximum*,

enquanto *Cynodon dactylon* apresentou menor sensibilidade nas menores doses utilizadas. Para o cletodim e o hexazinona, a resposta variou entre a forrageira e a dose, com alguns tratamentos apresentando maior capacidade de recuperação.

C. dactylon apresentou menor sensibilidade aos herbicidas quando comparada com *U. brizantha*, *U. decumbens* e *M. maximum*, cujo comportamento pode estar associado à absorção, à translocação das moléculas e à presença de estolões e rizomas que favorecem a recuperação da planta (Nandula et al., 2007; Fernandez e Bayer, 1977), e quando comparado às gramíneas do gênero *Urochloa spp.*, *C. dactylon* apresenta mais número de folhas e maior surgimento foliar em função do tamanho da folha (Silva et al., 2019), com isso, em doses não letais a forrageira tem maior capacidade de perfilhar e se recuperar.

Com o uso de hexazinona e cletodim, aos 14 DAA foram observados sintomas de intoxicação na forrageira que diminuíram até os 35 DAA, indicando capacidade de recuperação da planta, mesmo na maior dose utilizada. Esses resultados corroboram parcialmente os obtidos por Wilder et al. (2008), em que a aplicação de hexazinona em maiores doses causou redução inicial no desenvolvimento da planta, que nas menores doses avaliadas esse efeito foi reduzido no final do estudo, doses essas que em sua maioria foram superiores às utilizadas no presente trabalho.

Para o glifosato a resposta da forrageira apresentou efeito dependente da dose, no qual o aumento da dose aumentou a intoxicação da planta, pois uma quantidade maior de glifosato é absorvida pelas folhas e segue em direção aos tecidos metabólicos, nos quais o herbicida irá inibir a enzima EPSPS, desta forma quanto maior a dose absorvida pela planta, maior serão os tecidos atingidos e menor será a capacidade de recuperação pela mesma (Duke, 2021). Esses resultados corroboram os observados por Abreu et al. (2026) em que nas menores doses de 390 e 530 g e.a. ha⁻¹ a injúria visual foi menor, porém, doses a partir de 1000 g e.a. ha⁻¹ causaram elevada intoxicação, impedindo a sobrevivência e o crescimento das plantas (Araújo et al., 2025).

Em relação à quantidade de proteína bruta (PB%) para *C. dactylon* não foi afetada pelo uso dos herbicidas, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos, em média com 10%. Esses resultados estão de acordo com que a

literatura aborda referente à porcentagem da proteína bruta média, que variam de 9,5 a 15% (Anderson et al., 2016; Sunahara et al., 2017). Porém, para matéria mineral (%MM) foi observada diferença entre os tratamentos quando comparada à testemunha, cujo valores foram de 5,52% para o cletodim, 6,14% para o hexazinona, e 6,44% para o glifosato e 5,77% para testemunha. Apesar dessa variação devido ao uso dos herbicidas, esses valores condizem com os encontrados em outros trabalhos, variando de 5,62% a 6,93% (Serafim et al., 2021; Andrade, 2011).

Já *Urochloa brizantha* apresentou maior sensibilidade aos 14 DAA para o hexazinona e o glifosato, e por ser uma planta de crescimento cespitoso, sua capacidade de rebrota está concentrado em gemas e nos meristemas basais (Corrêa e Santos, 2003), deste modo, dada a capacidade de translocação dos herbicidas para essas regiões, a capacidade de rebrote pode ser comprometida (Mota et al., 2020), principalmente em doses elevadas, no entanto, em doses menores, o fato da quantidade de herbicida que chega ao sítio de ação ser menor, a planta tem a capacidade de se recuperar.

No presente trabalho, nas menores doses do hexazinona as plantas apresentaram recuperação aos 35 DAA, resultados que corroboram em parte os obtidos por Santos et al. (2019), em que 125 g i.a. ha⁻¹ do hexazinona causou injúria inicial na forrageira, que foi reduzida para valores próximo à zero com o decorrer do trabalho. Takeshita et al. (2018) verificaram que o uso de atrazina (inibidor de FSII) aplicado em sub-doses em *U. brizantha* e *M. maximum* causou intoxicação no início, no entanto, aos 60 DAA as pastagens se recuperaram.

Em relação ao glifosato, de acordo com Lima et al. (2019), a redução da capacidade produtiva de *U. brizantha* foi observada com doses menores que 238 g e.a. ha⁻¹, corroborando os resultados do presente trabalho que a dose 434 g e.a. ha⁻¹ apresentou dano severo, afetando de maneira geral o desenvolvimento da planta. Para o cletodim, os sintomas observados aumentaram aos 35 DAA, além dos sintomas se desenvolverem de maneira mais lenta quando comparados às demais forrageiras, característica típica dos inibidores da acetil-CoA carboxilase (ACCase), em que os sintomas se manifestam a partir de 21 DAA, inibindo a síntese

de ácidos graxos, comprometendo o desenvolvimento da planta (Mendes e Silva, 2022; Milagres e Freitas, 2021; Roman et al., 2005).

De maneira geral, a proteína bruta (%) não variou entre os tratamentos aplicados e a testemunha, com exceção dos tratamentos aplicados com hexazinona, que em todas as doses apresentaram aumentos no teor de proteína bruta, comportamento semelhante ao observado por Wilder et al. (2008) e Sellers et al. (2008), em que o uso de diferentes doses de hexazinona reduziram a produtividade do *C. dactylon* e aumentaram a porcentagem de proteína bruta e em *Paspalum notatum*, quando submetido a aplicação com 1,0 e 1,12 kg ha⁻¹, respectivamente.

Em relação à matéria mineral (MM) de *U. brizantha*, não houve diferença significativa entre os tratamentos com cletodim, hexazinona e a testemunha, com média de aproximadamente 9,30%, próxima de 8,82% como relatado por Reis et al. (2013), além disso, os resultados observados por Cabral et al. (2019) foram semelhantes ao do presente trabalho, em que o uso de herbicidas em diferentes doses em BRS Piatã não alterou os teores de matéria mineral, indicando que o uso das diferentes doses dos herbicidas não influenciou significativamente essa variável.

Em relação à *Urochloa decumbens*, foi observado a mesma suscetibilidade que para *U. brizantha* com o uso do glifosato, possivelmente pelas características intrínsecas da forrageira e pelo hábito de crescimento e desenvolvimento, concentrando-se de forma mais agrupada dos perfilhos (Da Silva et al., 2015), comportamento esse que está de acordo com a literatura em que aplicações de glifosato em diferentes doses causaram intoxicação severa em *U. decumbens*, podendo causar a morte das plantas (Araújo et al., 2025; Rodrigues et al., 2020).

A literatura atual carece de trabalhos envolvendo o uso de cletodim em *U. decumbens*, entretanto, Dias et al. (2017) e Anésio et al. (2017) concluíram que a utilização do inibidor de ACCase fluazifop-p-butil mesmo em baixas doses pode afetar o desenvolvimento da forrageira, reduzindo a capacidade de rebrote e recuperação da planta. Porém, o presente trabalho observou que as menores doses de cletodim causaram intoxicação leve e regular aos 35 DAA, indicando certa tolerância às subdoses utilizadas, não afetando significativamente a quantidade de

proteína bruta, matéria mineral e a produtividade de matéria seca, quando comparada com a testemunha.

O hexazinona causou intoxicação inicialmente nas menores doses utilizadas que foi reduzida até os 35 DAA, indicando capacidade de recuperação e rebrote pela forrageira, no entanto a literatura relata o uso do hexazinona como forma de controle da espécie, não tratando dela como cultura, desta forma as doses encontradas em pesquisas são maiores que as utilizadas no presente trabalho (Melo et al., 2013). No entanto, foi observado que as plantas aplicadas com hexazinona apresentaram teor de proteína bruta maior que o da testemunha, além de não haver diferença significativa em matéria mineral entre os tratamentos e a testemunha.

Para o *Megathyrsus maximum* a resposta à intoxicação causada pelos herbicidas variou de acordo com a molécula e a dose utilizada, na qual as menores doses de cletodim e hexazinona permitiram a recuperação da forrageira, não afetando significativamente a produtividade quando comparado com a testemunha, com exceção dos tratamentos de 108 g i.a ha⁻¹ do cletodim e 200 g i.a ha⁻¹ do hexazinona que obtiveram médias maiores que a testemunha. Girotto et al. (2012) evidenciaram intoxicações precoces causadas pelo hexazinona, que reduzem rapidamente o transporte de elétrons, resultados que corroboram parcialmente os obtidos no presente, em menores doses, a cultivar teve capacidade de recuperação, tanto para o hexazinona quanto para o cletodim.

Esta alta capacidade de recuperação e rebrote pode ser explicada em parte por ser uma espécie cespitosa com alta capacidade de produção de matéria seca, emissão de novas folhas e elevado perfilhamento (Da Silva et al., 2015; Corrêa e Santos, 2003). Além disso, em relação à quantidade de proteína bruta (PB%) pode variar de uma cultivar para outra, por exemplo, 8,56% (cv. Mombaça) e 8,60% a 9,77% (cv. Tanzânia) (Silva et al., 2016; Castro et al., 2010), resultados esses que diferem dos observados no presente trabalho, no qual nenhum dos tratamentos apresentou diferença significativa entre si quando comparado à testemunha, com médias variando de 11% a 19% de proteína bruta.

Entretanto, por se tratar de uma cultivar recentemente registrada (ANPROSEM, 2026), a cultivar Miyagui, quando comparada com outras forrageiras,

a literatura atual carece de informações referentes às respostas fisiológicas da forrageira quando submetida à aplicação de herbicidas, sobre a influência dos herbicidas na capacidade produtiva e na qualidade bromatológica da cultivar.

Com isso, os resultados obtidos no presente trabalho são importantes e promissores por se tratar de uma área de extrema relevância na qual a literatura carece de informações que abordem a sensibilidade e tolerância das principais espécies de forrageiras utilizadas no país a herbicidas eficientes para controle de plantas daninhas em pastagens. Entre os herbicidas avaliados, o glifosato foi o que apresentou maiores danos às forrageiras, e na maioria das doses acarretou a morte das plantas, por outro lado, o uso de cletodim e hexazinona, principalmente nas menores doses resultou na recuperação das forrageiras, variando entre as espécies.

C. dactylon apresentou menor sensibilidade e maior capacidade de recuperação aos tratamentos avaliados, principalmente à hexazinona e ao cletodim. Já *U. brizantha* e *U. decumbens* apresentaram maior sensibilidade inicial, que, mesmo recuperando-se ao final das avaliações influenciaram na produtividade, além disso, com menores doses de hexazinona e cletodim a qualidade bromatológica e proteína bruta dessas forrageiras não foi afetada. Por fim, o *M. maximum* apresentou recuperação quando aplicado com as menores doses de cletodim e hexazinona, indicando capacidade de recuperação e rebrote pela forrageira.

5 REFERÊNCIAS

Ahmadi MS, Haderlie LC, Wicks GA (1980) Effect of growth stage and water stress on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and on glyphosate absorption and translocation. **Weed Science** 28:277-282. DOI: 10.1017/S0043174500055284.

Abreu LF, Manuchehri MR, Antonangelo JA, Goad CL, Rocateli AC (2026) Assessing glyphosate injury and forage bermudagrass regrowth using Canopeo. **Agronomy** 16:1272. DOI: 10.3390/agronomy16131272.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22:711-728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

Anderson W, Parker MB, Knoll JE, Lacy RC (2016) Fertilization ratios of N–P₂O₅–K₂O for Tifton 85 bermudagrass on two coastal plain soils. **Agronomy Journal** 108:1542-1551. DOI: 10.2134/agronj2015.0585.

Andrade AS (2011) **Crescimento e composição bromatológica de Tifton 85 e Vaquero em pastagens fertirrigadas**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba.

Anésio AHC, Santos MV, Silveira RR, Ferreira EA, Braz TGS, Tuffi Santos LD, Santos JB (2017) Herbicide selectivity to signal grass and congo grass. **Planta Daninha** 35. DOI: 10.1590/S0100-83582017350100062.

ANPROSEM - Associação Nacional dos Produtores de Sementes de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras (2026) **Miyagui**. Presidente Prudente: ANPROSEM. Disponível em: <https://anprosem.com.br/home/organizacao>. Acesso em: 6 maio 2026.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists International (2000) **Official methods of analysis of AOAC International**. 17. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2200 p.

Araújo FC, Gomes JVA, Lopes JS, Dias PAS, Freitas MAM (2025) Tolerância de Tifton 85 e Jiggs (*Cynodon dactylon* L.) a herbicidas pós-emergentes. **Weed Control Journal** 24. DOI: 10.7824/wcj.2025;24:00851.

Cabral PHR, Pereira LS, Cardoso IS, Guimarães KC, Silva JN, Jakelaitis A (2019) Influência de doses de fluazifop-p-butil no consórcio entre girassol e *Urochloa brizantha*. **Acta Iguazu** 8:107-123. DOI: 10.48075/actaiguaz.v8i2.20769.

Cáceres NT (2021) **Plantas daninhas em pastagens: biologia, manejo e controle**. Viçosa: Editora UFV, 321 p.

Castro GHF, Rodriguez NM, Gonçalves LC, Maurício RM (2010) Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 62:654-666.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2026) **PIB do agronegócio brasileiro**. Piracicaba: CEPEA. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 13 abr. 2026.

Corrêa LA, Santos PM (2003) **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon***. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 36 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 34).

Da Silva SC, Sbrissia AF, Pereira LET (2015) Ecophysiology of C4 forage grasses: understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture** 5:598-625. DOI: 10.3390/agriculture5030598.

Dias RC, Santos MV, Oliveira FLR, Ferreira EA, Santos JB, Rodrigues BM, Martins CA (2017) Chemical control of signalgrass in alfalfa crops. **Semina: Ciências Agrárias** 38:3695-3704. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n6p3695.

Dias-Filho MB (2011) **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. reimp. Belém: Ed. do Autor, 215 p.

Dias-Filho MB (2023) **Degradação de pastagens: conceitos, processos e estratégias de recuperação e de prevenção**. Belém: Ed. do Autor, 59 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1173673/1/Degradacao-de-pastagens-Moacyr-Dias-Filho.pdf>. Acesso em: 6 maio 2026.

Duke SO (2020) Glyphosate: uses other than in glyphosate-resistant crops, mode of action, degradation in plants, and effects on non-target plants and agricultural microbes. In: Knaak JB (Org.) **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 255**. Cham: Springer, p. 1-65. DOI: 10.1007/398_2020_53.

EWRC - European Weed Research Council (1964) Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research** 4:88.

Fernandez CH, Bayer DE (1977) Penetration, translocation, and toxicity of glyphosate in bermudagrass (*Cynodon dactylon*). **Weed Science** 25:396-400. DOI: 10.1017/S0043174500033737.

Giroto M, Araldi R, Velini ED, Trindade MLB, Carbonari CA (2012) Efeito do hexazinone isolado e em mistura na eficiência fotossintética de *Panicum maximum*. **Planta Daninha** 30:341-347. DOI: 10.1590/S0100-83582012000200013.

LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (2024) **Atlas das Pastagens**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/>. Acesso em: 20 dez. 2025.

Lima SF, Pereira LS, Sousa GDD, Oliveira GSD, Jakelaitis A (2019) Suppression of *Urochloa brizantha* and *U. ruziziensis* by glyphosate underdoses. **Revista Caatinga** 32:581-589. DOI: 10.1590/1983-21252019v32n302rc.

Marchi SR, Martins D (Eds.) (2024) **Matologia de pastagens**. Jaboticabal: Funep, 504 p.

Martins HL, Campalle AN, Oliveira AB, Zanqueta JFD, Santos RTS, Rodrigues JS, Dutra FV, Baxter L, Grey TL, Alves PLCA (2026) Smut grass (*Sporobolus indicus*) chemical control: a systematic review. **Weed Science** 74. DOI: 10.1017/wsc.2026.10087.

Melo EB, Silva AAP, Oliveira Neto AM, Guerra N, Vilar CC, Bottega EL, Maciel CDG (2013) Alternativas para a catação química de touceiras de capim-colônia e capim-braquiária em cana-soca. **Revista Brasileira de Herbicidas** 12:307-317. DOI: 10.7824/rbh.v12i3.238.

Mendes KF, Silva AA (Orgs.) (2022) **Plantas daninhas: herbicidas**. São Paulo: Oficina de Textos, v. 2.

Milagres R (2020) **Controle de capim-amargoso pelo herbicida clethodim isolado e associado a outros inibidores de ACCase**. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí.

Mota LM, Mendes KF, Junior LHB et al. (2020) Light availability interferes with absorption and translocation of ^{14}C -glyphosate in *Urochloa brizantha* cv. Marandu plants. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry** 326:683-693. DOI: 10.1007/s10967-020-07333-z.

Mozelli Filho E JL, Barcelos JM, Zuccon Junior NP, Lima DV (2021) Pasture beef production in Brazil. **Revista Científica Dimensão Acadêmica** 6:108-127.

Nandula VK, Poston DH, Reddy KN, Koger CH (2007) Formulation and adjuvant effects on uptake and translocation of clethodim in bermudagrass (*Cynodon dactylon*). **Weed Science** 55:6-11. DOI: 10.1614/WS-06-024.1.

Reis GL, Lana AMQ, Emerenciano Neto JV, Lemos Filho JP, Borges I, Longo RM (2013) Produção e composição bromatológica do capim-marandu sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal** 29:1606-1615.

Rodrigues BM, Santos MV, Paschoaloto JR, Braz TGS, Santos JB, Martin CA, Costa JPR, Borges CE (2020) Chemical control of signalgrass for establishing Tanzania-grass. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** 42. DOI: 10.4025/actascianimsci.v42i1.48408.

Roman ES, Vargas L, Rizzardi MA, Hall L, Beckie H, Wolf TM (2005) **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 152 p.

Santos MER, Martuscello JA (2022) **Seu dinheiro é capim: valorizando e manejando o pasto para gerar dinheiro**. 1. ed. São Paulo: Reino Editorial.

Santos VS, Jakelaitis A, Pereira LS, Sousa GD, Oliveira GS, Silva JN, Vasconcelos SMA, Martins PF (2019) Seleção de espécies vegetais tolerantes ao herbicida hexazinone. **Nativa** 7:389-395. DOI: 10.31413/nativa.v7i4.7266.

Sellers BA, Ferrell JA, MacDonald GE (2008) Influence of hexazinone on Pensacola bahiagrass growth and crude protein content. **Agronomy Journal** 100:808-812. DOI: 10.2134/agronj2007.0160.

Serafim CC, Guerra GL, Mizubuti IY, Castro FAB, Prado-Calixto OP, Galbeiro S, Parra ARP, Bumbieris Junior VH, Pértile SFN, Rego FCA (2021) Use of near-infrared spectroscopy for prediction of chemical composition of Tifton 85 grass. **Semina: Ciências Agrárias** 42:1287-1302. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n3p1287.

Silva VJ, Faria AFG, Pequeno DNL, Silva LS, Sollenberger LE, Pedreira CGS (2019) Growth analysis of *Brachiaria* grasses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest interval. **Crop Science** 59:1808-1814. DOI: 10.2135/cropsci2019.01.0030.

Sunahara SMM, Neres MA, Sarto JRW, Nath CD, Scheidt KC, Kuhn OJ (2017) Nutritional value of Tifton 85 bermudagrass at two cutting heights and different times of storage. **Semina: Ciências Agrárias** 38:2129-2140. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n4p2129.

Takeshita V, Mendes KF, Inoue MH, Guimarães ACD (2018) Eficácia de atrazine sobre populações de *Paspalum virgatum* L. e seletividade em duas variedades de pastagem. **Revista Brasileira de Herbicidas** 17. DOI: 10.7824/rbh.v17i3.594.

Victória-Filho R, Ladeira-Neto A, Pelissari A, Reis FC, Daltro FP (2014) Manejo sustentável de plantas daninhas em pastagens. In: Monquero PA (Org.) **Manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas**. São Carlos: Rima Editora, p. 179-207.

Wilder B, Ferrell JA, Sellers BA, MacDonald GE (2008) Influence of hexazinone on 'Tifton 85' bermudagrass growth and forage quality. **Weed Technology** 22:499-501. DOI: 10.1614/WT-08-008.1.

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE FINANCEIRA AO CONTROLE QUÍMICO DO CAPIM-CAPETA

1 INTRODUÇÃO

No contexto das plantas daninhas que infestam pastagens brasileiras, o capim-capeta (*Sporobolus indicus*) é considerado um dos principais desafios para os sistemas de produção, em razão de sua elevada capacidade de disseminação e de rápida dominância das áreas invadidas (Cáceres, 2021). Além disso, é uma espécie com elevada capacidade de produção de sementes, as quais apresentam grande longevidade, alta capacidade de germinar e se desenvolver em regiões com diferentes condições climáticas, e por possuir folhas com baixa palatabilidade e procura pelo animal (Dias-Filho, 2015; Rana et al., 2012; Padilla, Febles e Sardiñas, 2003).

No que diz respeito ao controle químico do capim-capeta, atualmente enfrenta-se um desafio, pois há carência de informações sobre a eficácia de misturas de herbicidas e de moléculas, além da aplicação em diferentes épocas de desenvolvimento da planta (Martins et al., 2026). Além disso, o controle de acessos de capim-capeta oriundos de diferentes regiões varia conforme a molécula, dose e o estágio de desenvolvimento da planta, influenciando a eficácia, e consequentemente, o custo de manejo.

Trabalhos identificaram a hexazinona como uma ferramenta eficaz no manejo do capim-capeta (Shay *et al.*, 2022), pois apresenta elevadas taxas de controle além de ser seletiva para algumas forrageiras. Porém, é uma molécula em que deve estar alinhado o momento da aplicação para receber precipitação adequada, pois a falta de chuva reduz a eficácia do herbicida, e precipitação em excesso pode lixiviá-la (Regmi et al., 2026; Dias et al., 2025).

Além dele, o glifosato se apresenta como uma opção eficiente quando aplicado de maneira localizada ou em jato dirigido e, por se tratar de um herbicida não seletivo, pode acarretar a intoxicação das forrageiras ao redor (Marchi e Martins, 2024).

Os herbicidas desempenham um papel crucial e representativo no custo de produção, o qual está relacionado à compra do produto, à dose a ser utilizada, à aplicação, e à relação da eficiência e seu efeito residual (Spadotto, 2025; Pecege, 2020). O mercado de produtos fitossanitários brasileiro é competitivo e dinâmico, com as empresas em busca de inovações e novas tecnologias.

Embora os preços dos herbicidas variem de acordo com a composição e concentração utilizadas por cada empresa, os custos operacionais podem ser reduzidos pela menor necessidade de novas aplicações, de acordo com a dose aplicada, em sinergia com a taxa de eficiência a longo prazo que os herbicidas apresentam, reduzindo, assim, a necessidade de repetir aplicações.

Desta maneira, este trabalho teve como objetivo avaliar o custo financeiro no controle químico de acessos de *Sporobolus indicus* oriundos de regiões edafoclimáticas contrastantes, considerando a eficiência dos herbicidas ao longo do tempo, a dose mínima funcional e o custo mínimo para se atingir controle satisfatório.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista, UNESP/FCAV, em Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21° 14' 37.86" S, 48° 17' 35.18" W; 590 m de altitude). O clima da região é classificado como Aw, subtropical úmido, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação proposta por Alvares *et al.* (2014). As condições climáticas do período experimental podem ser vistas na Figura 21.

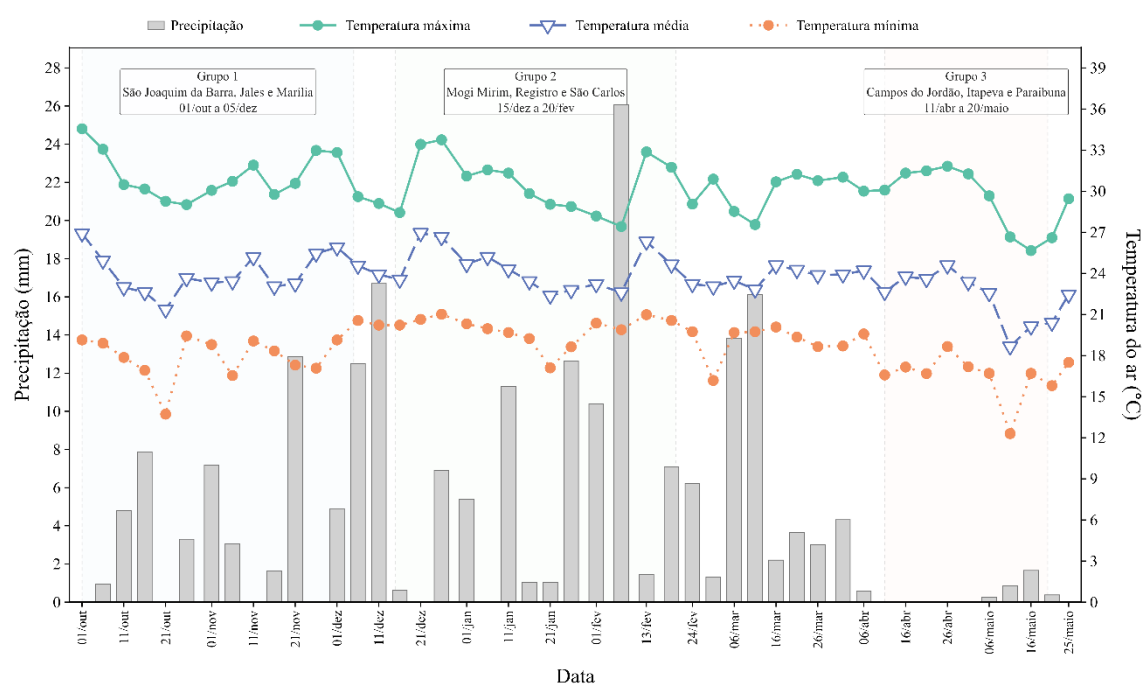


Figura 21. Dados climatológicos da área experimental durante o período de estudo.

As sementes de *Sporobolus indicus* foram coletadas em nove municípios do estado de São Paulo (Registro, São Carlos, Mogi Mirim, Itapeva, Campos do Jordão, Paraibuna, Marília, São Joaquim da Barra e Jales) onde há registros de infestação da espécie em áreas de pastagem, consideradas de difícil controle por profissionais da área.

As cidades foram escolhidas por três tipos de solos contrastantes, temperaturas médias anuais altas e baixas, e pluviosidades médias altas e baixas (Figura 22).

Cidades escolhidas com base em fatores edafoclimáticos contrastantes



Fonte: dados climáticos compilados de documentos oficiais municipais e estaduais consultados.

Figura 22. Cidades escolhidas com base em fatores edafoclimáticos contrastantes para as coletas.

Após a coleta, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel e transportadas ao laboratório. Em seguida, foram realizadas a limpeza e a separação do material. Os acessos foram semeados em bandejas de isopor contendo substrato comercial Bioplant® (composto por turfa de *Sphagnum*, fibra de coco, casca de arroz, casca de Pinus, vermiculita, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termofosfato magnésiano (Yoorin) e aditivos fertilizantes). Em cada célula foram depositadas 10 sementes, em razão da baixa porcentagem de germinação observada em experimentos anteriores.

As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e molhadas diariamente. Após 30 dias da semeadura, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 0,5 L, contendo uma mistura de terra e areia, na proporção de 2:1 (v/v), previamente adubada com base na análise química do solo (Tabela 11).

Tabela 11. Resultado da análise química e física do substrato utilizado nas parcelas experimentais, Jaboticabal, SP.

pH	*M.O.	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%
(CaCl ₂)	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol.c.dm ⁻³						
5,8	9	29	2,6	15	9	15	26,2	41,4	63
Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)		Classe textural					
32	6	62		Média					

A semeadura e o transplântio foram realizados em períodos distintos, visando à obtenção de plantas em dois estádios de desenvolvimento. Foram selecionadas cinco plantas de cada acesso, de 2-3 perfilhos (E1) e com 4-5 perfilhos (E2). Os vasos plásticos receberam complementação nutricional por meio da aplicação da solução de Hoagland e Arnon (1950) na concentração de 50%.

Para a condução dos ensaios de controle químico, para cada acesso, em cada estágio de desenvolvimento, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 herbicidas × 6 doses + testemunha sem aplicação, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação dos herbicidas cletodim (Select 240 SC®), hexazinona (MagnusBR®), e glifosato (Roundup Original®), avaliados em seis doses (Tabela 12). As doses estudadas corresponderam a 0,25×, 0,5×, 1×, 2×, 4× e 8× da dose recomendada.

Tabela 12. Tratamentos experimentais realizados no controle dos nove acessos de capim-capeta.

Trat nº	Produtos	Dosagens	
		*g ml p.c. ha ⁻¹	**g i.a. ha ⁻¹
1	Testemunha	--	--
2	Clethodim – D1	0,112	27
3	Clethodim – D2	0,225	54
4	Clethodim*** – D3	0,45	108

Trat nº	Produtos	Dosagens	
		*g ml p.c. ha ⁻¹	**g i.a. ha ⁻¹
5	Clethodim – D4	0,9	216
6	Clethodim – D5	1,8	432
7	Clethodim – D6	3,6	864
8	Hexazinona – D1	0,625	100
9	Hexazinona – D2	1,25	200
10	Hexazinona*** – D3	2,5	400
11	Hexazinona – D4	5	800
12	Hexazinona – D5	10,0	1600
13	Hexazinona – D6	20,0	3200
14	Glifosato – D1	3,75	434
15	Glifosato – D2	7,5	868
16	Glifosato*** – D3	15	1736
17	Glifosato – D4	30	3472
18	Glifosato – D5	60	6944
19	Glifosato – D6	120	13888

*gramas por litro de produto comercial por hectare; **gramas de ingrediente ativo;

*** Dose recomendada. “D” = Dose.

Para a aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal com pressurização por CO₂, munido de uma barra de pulverização contendo quatro bicos espaçados em 0,5 m entre si, com pontas de pulverização Teejet modelo TTI 11002, na pressão de aproximadamente 2 bar, produzindo gotas ultragrossas, indicado para herbicidas sistêmicos. A barra de pulverização foi mantida a 0,5 m de altura em relação ao alvo, com velocidade de aplicação de 3,6 km ha⁻¹, com vazão de 200 L ha⁻¹. Foram realizadas avaliações de controle aos 14, e 35 dias após a aplicação (DAA), conforme a metodologia e escala de ALAM (1974) (Tabela 13).

Tabela 13. Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas.

Controle (%)	Grau de controle (nota)
0 – 40	Nenhum a pobre (1)
41 – 60	Regular (2)
61 – 70	Suficiente (3)
71 – 80	Bom (4)
81 – 90	Muito bom (5)
91 – 100	Excelente (6) – morte da planta

Após a última avaliação visual, aos 35 DAA, as plantas restantes foram cortadas próximas à superfície do solo, separando as raízes da parte aérea, sendo colocadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas para a estufa, à temperatura constante de 60°C, por 96 horas. As raízes foram lavadas com água corrente para remover todo o solo presente e colocadas para secar em estufa. Por fim, as amostras foram pesadas em uma balança analítica com precisão de quatro casas decimais após a vírgula para determinar a massa seca da parte aérea e da raiz

O controle das plantas daninhas foi avaliado visualmente aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA), utilizando-se uma escala percentual de 0 a 100%, em que 0 corresponde à ausência de controle e 100 ao controle total. A dinâmica temporal do controle foi sintetizada por meio do cálculo da área sob a curva de controle (AUC), obtida pelo método de integração trapezoidal considerando todos os períodos de avaliação.

Para permitir a comparação direta entre os tratamentos, os valores de AUC foram normalizados para uma escala de 0 a 100 (AUC_norm), em que o valor 100 representa controle total mantido ao longo de todo o período avaliado. A variável AUC_norm foi utilizada como principal resposta para a comparação estatística da dinâmica temporal de controle entre os tratamentos herbicidas. Também foi calculado o índice de velocidade de controle (IVC), obtido pela soma da razão entre

o controle observado e o dia de avaliação, o qual também foi normalizado em relação ao valor máximo possível.

O tempo necessário para atingir 80% (T80) de controle das plantas daninhas foi estimado para cada unidade experimental por interpolação linear entre duas avaliações consecutivas. Quando o controle observado na primeira avaliação (7 DAA) foi igual ou superior ao limiar considerado, os valores de T80 foram fixados em 7 DAA. Quando o controle não atingiu o limiar até a última avaliação, o valor correspondente foi considerado não estimável.

A dose mínima funcional foi definida como a menor dose de cada herbicida capaz de atingir AUC normalizada igual ou superior a 80%, dentro de cada acesso e estágio da planta. O custo mínimo funcional correspondeu ao custo total por hectare associado a essa dose. Quando nenhum tratamento atingiu o mínimo funcional, a combinação foi classificada como “não atingiu”.

A eficiência do tratamento econômico (ETE) geral foi obtida pela relação entre AUC normalizada, IVC normalizado e custo total por hectare. Além disso, foi definido um critério funcional, no qual apenas tratamentos com AUC normalizada igual ou superior a 80% foram considerados funcionais. Com base nesse valor, calculou-se a eficiência do tratamento econômico funcional, considerando somente os tratamentos que atingiram esse valor mínimo de controle.

As análises econômicas foram realizadas com base em preços de mercado local. O custo do produto por hectare foi calculado a partir da dose aplicada e do preço unitário do herbicida, enquanto o custo total do tratamento foi obtido pela soma do custo do produto. Todos os valores monetários foram expressos em reais (R\$).

Os testes de comparação múltipla foram aplicados às variáveis AUC_norm, T80. As variáveis econômicas e os índices derivados foram tratados de forma descritiva, não sendo submetidos à análise estatística inferencial.

3 RESULTADOS

De modo geral, a AUC relativa (Figura 23) aumentou com o incremento da dose dos herbicidas, indicando maior controle acumulado dos acessos durante os

35 dias de avaliação, com variação dependendo do herbicida, acesso e dose. Entre os herbicidas, o hexazinona apresentou os maiores valores de AUC e a resposta com menor variação entre as cidades e os estágios de desenvolvimento, com valores com valores superiores a 90% no E1, e superiores a 80% (considerado excelente) no E2 mesmo nas menores doses analisadas, com exceção de Mogi Mirim, que apresentou AUC relativo de 77% para 0.25 da dose, único abaixo de 80% no E2. O glifosato também apresentou elevada eficiência no estágio 1, mesmo nas menores doses, porém, foi observada maior variação entre os acessos no estágio E2, no qual apenas na dose recomendada todos os acessos apresentaram AUC maior que 80%, com exceção de Campos do Jordão, que apresentou AUC maior que 90% mesmo com 0,25 da dose utilizada.

Já o cletodim apresentou maior variação e efeito dose-dependente para ambos os estágios, principalmente no estágio E2, no qual acessos como São Joaquim da Barra e Jales não atingiram mais que 80% de AUC, mesmo com oito vezes a dose utilizada, indicando diferença na sensibilidade a essa molécula pelos acessos analisados.

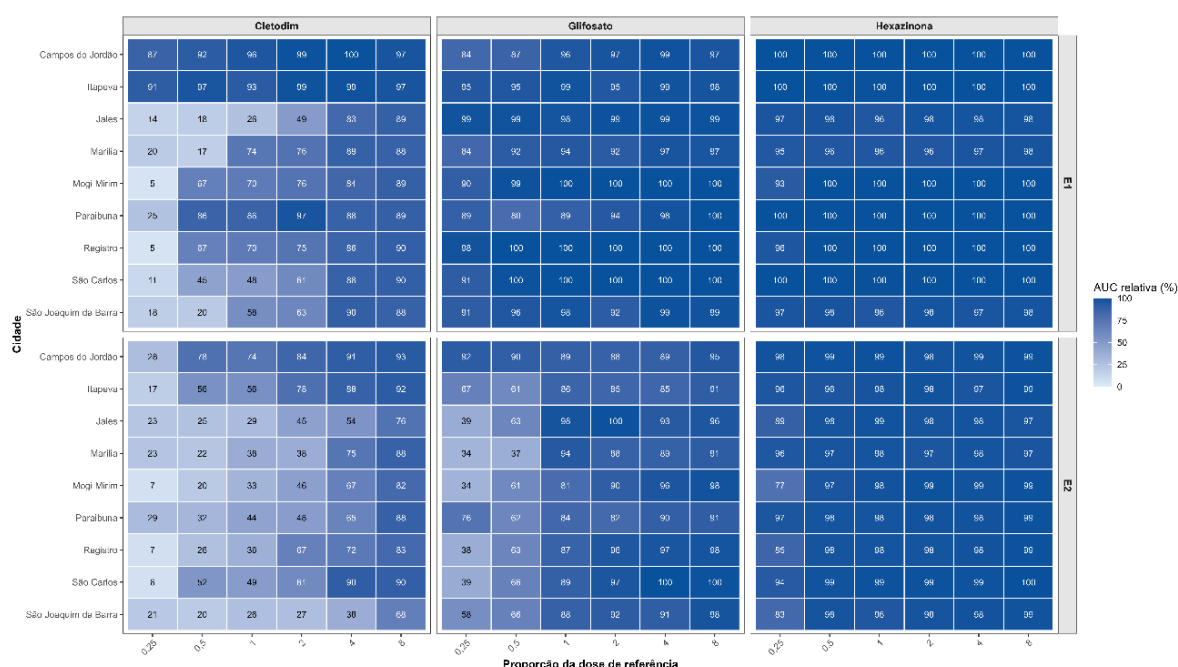


Figura 23. AUC relativa do controle químico durante os 35 dias após aplicação

A dose mínima funcional variou entre os herbicidas, os estádios de desenvolvimento e entre os acessos (Figura 24). O cletodim foi o herbicida que apresentou maior variação na resposta, principalmente entre os acessos e os estádios avaliados, no qual, no E1, as doses mínimas funcionais (controle de 80%) variaram de 0,25 a quatro vezes a dose recomendada, indicando maior efeito dose-dependente. Para E2 foi necessário o incremento da dose para apresentarem controle mínimo de pelo menos 80%, sendo necessárias oito vezes a dose, além disso, destaque para Jales e São Joaquim da Barra que não atingiriam o valor mínimo de referência de controle.

Para o glifosato, no E1, a resposta foi uniforme, com todos os acessos apresentando dose mínima funcional com 0,25 da dose recomendada, porém, para E2, foi necessária quatro vezes a dose para atingir o controle mínimo funcional de 80%, indicando menor sensibilidade ao herbicida no estágio mais desenvolvido das plantas, com exceção de Campos do Jordão, que apresentou em ambos os estádios controle mínimo funcional com 0,25 da dose recomendada.

Por fim, o hexazinona foi o herbicida que apresentou a resposta mais uniforme entre os acessos e estádios, com dose mínima funcional de 0,25 a dose recomendada para todos os acessos no E1, e na maioria dos acessos no E2, com exceção apenas de Mogi Mirim que no Estádio 2 foi necessário 0,5 da dose recomendada para se atingir o mínimo funcional do controle.

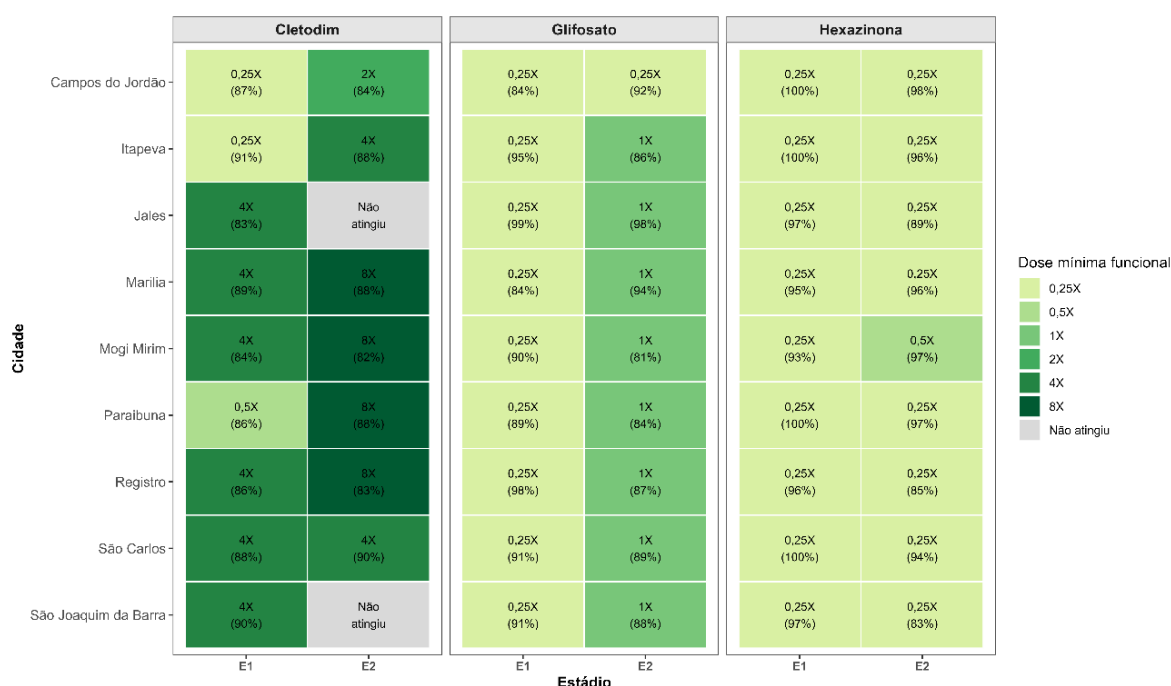


Figura 24. Dose mínima funcional para o controle de acessos de *Sporobolus indicus* com cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2.

A partir do custo mínimo funcional foi possível observar diferenças em relação ao custo da dose mínima entre os herbicidas, estádios e acessos, principalmente pelo fato de os herbicidas apresentarem preços diferentes entre si, nos quais, Magnus® (hexazinona) a R\$ 148,00/kg, o Select® (cletodim) a R\$84,00/L, o Zapp 620® (glifosato) a R\$26,00/L (Figura 25). A hexazinona apresentou menor variação entre os acessos e estádios de aplicação, com custo mínimo funcional de R\$ 18,50 ha⁻¹, todos os acessos no E1 e maioria no E2, com exceção de Mogi Mirim, que apresentou custo mínimo funcional de R\$ 37,00 ha⁻¹ no E2. Já o glifosato, apresentou maior variação entre os estádios avaliados em relação aos acessos, no E1 o custo mínimo funcional foi de R\$ 18,20 ha⁻¹ para todos os acessos, porém, no E2 o custo foi de R\$ 72,00 ha⁻¹, quatro vezes maior, indicando menor sensibilidade dos acessos no estágio mais desenvolvido da planta, com exceção de Campos do Jordão, que não apresentou diferença no custo entre os estádios.

O cletodim foi o herbicida que apresentou maior variação no custo mínimo funcional, principalmente entre os acessos e os estádios avaliados, no qual, no E1

o custo variou de R\$ 9,41 ha⁻¹ (Campos do Jordão e Itapeva), R\$ 18,90 ha⁻¹ (Paraibuna), até R\$ 151,20 ha⁻¹ para as demais cidades, no E2, pela necessidade de maiores doses para atingir o mínimo controle funcional para determinados acessos, consequentemente aumentou-se o custo, variando de R\$ 75,60 ha⁻¹ (Campos do Jordão), R\$ 151,20 ha⁻¹ (Itapeva e São Carlos), até R\$ 302,40 ha⁻¹ para as demais cidades, com exceção de Jales e São Joaquim da Barra que não atingiriam valor mínimo de controle de 80%.

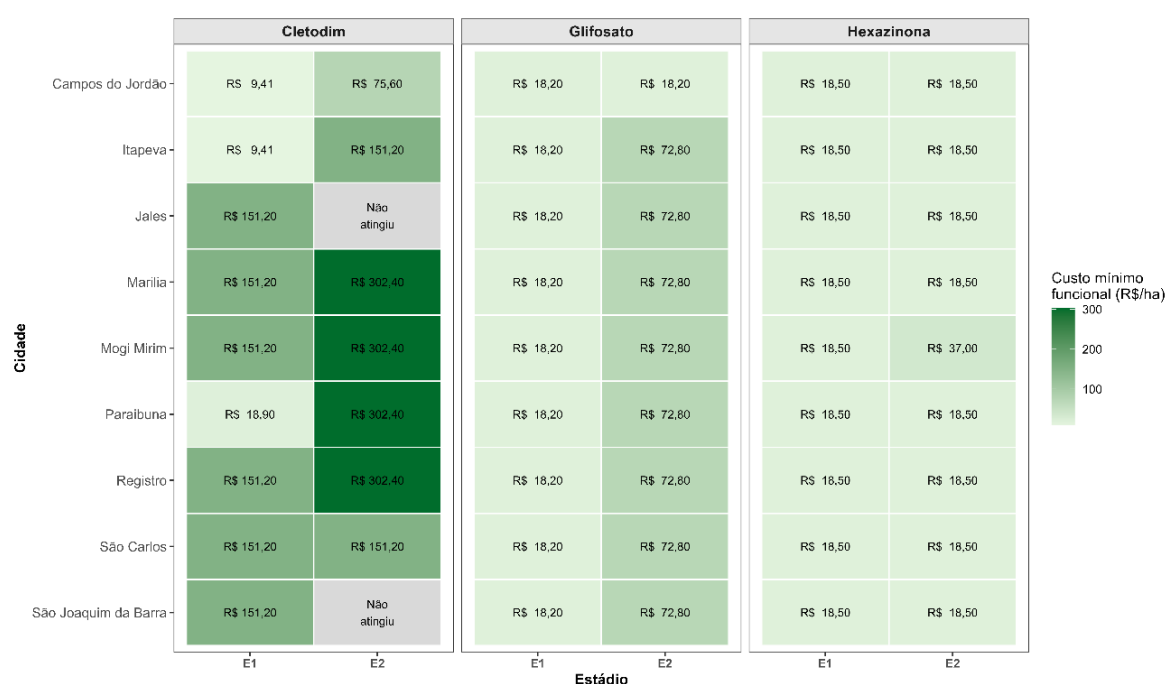


Figura 25. Custo mínimo funcional para o controle de acessos de *Sporobolus indicus* com cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2

O índice de velocidade de controle (IVC %) apresentou comportamento distinto entre os acessos, herbicidas e estágios (Figura 26). De maneira geral, a hexazinona foi o herbicida que apresentou comportamento mais homogêneo para ambos os estágios avaliados, mesmo nas menores doses utilizadas, com exceção de Mogi Mirim, que apresentou IVC abaixo de 70%, indicando menor velocidade de controle para 0,25 da dose recomendada. Já o glifosato apresentou diferença no comportamento entre os estágios, no qual E1 apresentou elevado IVC mesmo nas menores doses utilizadas, porém, em E2, foi observado aumento da velocidade de

controle com o incremento da dose utilizada, indicando maior dependência de doses maiores para apresentar altos níveis de IVC.

Por fim, o cletodim foi o herbicida que apresentou maior heterogeneidade no comportamento de IVC entre os acessos e os estágios, com exceção de Campos do Jordão e Itapeva no E1, que apresentaram altos níveis de IVC mesmo nas menores doses utilizadas, no entanto, os demais acessos apresentaram efeito dose-dependente no qual doses altas acarretaram em maiores índices de velocidade de controle, tanto no E1 quanto no E2, porém no Estágio 2, Jales e São Joaquim da Barra apresentaram baixos IVC mesmo nas maiores doses, indicando menor sensibilidade desses acessos ao cletodim.



Figura 26. Índice de Velocidade de Controle normalizado (IVC, %) de acessos de *Sporobolus indicus* submetidos à aplicação de cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2.

A eficiência do tratamento econômico (ETE) (Figura 27) de modo geral, apresentou comportamento distinto entre os herbicidas, os estágios e os acessos. Para o cletodim a maioria dos acessos apresentaram valores de ETE menores ou “não funcional”, no qual o controle obtido não justifica o custo aplicado na dose

utilizada, com exceção de Campos do Jordão e Itapeva que apresentaram ETE elevados mesmo nas menores doses no Estágio 1, indicando alta eficiência relacionada ao “custo-benefício” do tratamento.

Além disso, o glifosato teve um comportamento similar ao cletodim principalmente no E2, no qual, 0,25 e 0,5 vezes a dose apresentaram resposta “não funcional” devido a necessidade de maiores doses para resultar em um controle eficiente, porém doses maiores aumentam os custos de aplicação, por isso nas demais doses o valores de ETE são baixos, porém no Estágio 1, os valores de eficiência do tratamento econômico são elevados nas menores doses utilizadas, indicando alta eficiência relacionada ao “custo-benefício” do tratamento, a qual reduz com o aumento da dose.

Por fim, o hexazinona foi o herbicida que apresentou comportamento mais similar entre os acessos e os estágios, no qual as menores doses apresentaram tanto no estágio 1 quanto no estágio 2, altos valores de ETE, os quais reduziram à medida que a dose utilizada aumentou, com exceção de Mogi Mirim no E2, que apresentou “não funcional” para 0,25 da dose recomendada, indicando menor eficiência do tratamento com esta dose utilizada.



Figura 27. Eficiência técnica-econômica funcional (ETE) dos acessos de *Sporobolus indicus* submetido à aplicação de cletodim, glifosato e hexazinona nos estágios E1 e E2.

4 DISCUSSÃO

Os resultados indicam que a eficiência econômica dos tratamentos foi influenciada pelo herbicida, pelo estágio de desenvolvimento das plantas (E1 e E2) e entre os acessos do capim-capeta. Embora o aumento da dose tenha aumentado o controle acumulado em alguns tratamentos, para outros, o aumento da dose não refletiu em maior eficiência econômica. Com isso, o herbicida e a dose mais eficientes não foram relacionados apenas ao produto com menor custo comercial, mas ao herbicida capaz de atingir o controle mínimo funcional (80%), com a menor dose.

Dentre os herbicidas avaliados, a hexazinona destaca-se por ter apresentado, maiores níveis de AUC mesmo em doses reduzidas, além de, menor variação entre os estágios e entre as cidades avaliadas, além disso, a dose mínima funcional foi menor na maioria dos tratamentos, com um custo de R\$ 18,50 ha⁻¹, com exceção de Mogi Mirim no E2, que apresentou custo de R\$ 37,00 ha⁻¹.

O trabalho realizado por Shay et al. (2025) evidenciou o controle efetivo do capim-capeta em pós-emergência utilizando-se hexazinona com dose de 0,98 kg i.a ha⁻¹, reduziu a cobertura de *Sporobolus indicus* na primeira estação, e ao final de três anos de avaliações a eficiência foi mantida, além disso, a aplicação do herbicida em associação com adubação, foi capaz de manter a cobertura de *Paspalum notatum* ao final do terceiro ano, indicando que o controle químico acompanhado de adubação pode favorecer a recuperação das forrageiras.

Resultados esses que corroboram parcialmente com os observados no presente trabalho, no qual a dose de 0,2 kg i.a ha⁻¹ foi suficiente para o controle efetivo do capim-capeta, sem sinais de recuperação ou rebrota durante o período de avaliação. Além disso, do ponto de vista financeiro, o comportamento observado

no presente trabalho se mostrou relevante, pois uma dose cinco vezes menor à utilizada por Shay et al. (2025) foi capaz de atingir o controle mínimo funcional, reduzindo assim, o custo por hectare.

O glifosato apresentou comportamento distinto entre os estágios de desenvolvimento do capim-capeta, no qual, no E1, proporcionou maior eficiência entre os acessos, apresentando dose mínima funcional de 0,25 da dose recomendada, representando um custo mínimo funcional de R\$ 18,20 ha⁻¹. Porém, essa eficiência econômica foi reduzida nas plantas no E2, sendo necessário o aumento da dose para se atingir o controle mínimo funcional, conseqüentemente, o custo aumentou para R\$ 72,00 ha⁻¹, aproximadamente quatro vezes maior quando comparado ao E1, com exceção de Campos do Jordão, que apresentou maior sensibilidade em ambos os estágios avaliados.

Esses resultados corroboram a literatura atual, na qual a aplicação tardia em gramíneas pode resultar na redução do controle químico com glifosato (Soltani, Nurse e Sikkema, 2016; Ahmadi, Haderlie e Wicks, 1980), ou seja, em plantas em estágios de desenvolvimento avançado, é necessário o incremento da dose para atingir o mínimo do controle funcional. Deste modo, mesmo o glifosato sendo um herbicida que apresenta custo do produto comercial menor, apresenta melhor eficiência econômica quando aplicado em plantas mais jovens, pois plantas mais desenvolvidas exigem doses maiores para apresentar eficiência mínima funcional.

Alcántara-de la Cruz et al. (2019) observaram que, em pomares de citros com plantas daninhas resistentes ao glifosato, alguns tratamentos sequenciais mantiveram controle superior a 85% por mais de 75 dias, porém com custos 360 a 390% superiores ao tratamento de referência com glifosato. Montgomery et al. (2024), por outro lado, identificaram alternativas ao glifosato com eficácia e custos semelhantes em pré-semeadura de cereais. Wynn e Webb (2022) relataram que a substituição do glifosato pode aumentar a necessidade de operações mecânicas, mão de obra e combustível. Esses resultados mostram que a redução da eficácia ou substituição do glifosato pode alterar o custo do manejo, dependendo da estratégia adotada

O cletodim foi o herbicida que apresentou maior variação entre os acessos e os estágios de desenvolvimento avaliados. No E1, o herbicida apresentou efeito

dose-dependente, variando de 0,25 à quatro vezes a dose recomendada para que fosse possível atingir o controle mínimo funcional de 80%, já no E2, o cletodim apresentou efeito dose-dependente, porém foi necessário o aumento da dose para atingir o controle mínimo funcional, sendo necessário de duas à oito vezes a dose recomendada, com exceção de Jales e São Joaquim da Barra que não atingiram o controle mínimo funcional.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram parcialmente os observados por Clobas-Celiz et al. (2025), nos quais o controle químico eficiente de *Panicum texanum* foi mais efetivo quando as plantas apresentavam alturas de 15 cm ou menos, indicando que plantas mais desenvolvidas necessitariam de maiores doses para atingirem controle eficiente. No presente trabalho, esse comportamento foi observado principalmente no E2, no qual foi necessário o aumento da dose para que a maioria dos acessos atingisse o controle mínimo funcional, os quais apresentaram menor sensibilidade ao herbicida.

Ademais, esse comportamento distinto entre os acessos e estágios refletiu no custo mínimo funcional, no qual, no E1 variou de R\$ 9,41 ha⁻¹, para Campos do Jordão e Itapeva, até R\$ 151,20 ha⁻¹ para as demais cidades. Já no E2, o custo mínimo funcional teve um aumento considerável, variando de R\$ 75,60 ha⁻¹ para Campos do Jordão até R\$ 302,40 ha⁻¹ para os demais acessos. Desta forma, o cletodim apresenta baixos valores para a eficiência econômica do tratamento, indicando que, em alguns tratamentos, o controle obtido não compensou o custo da dose, com exceção de Campos do Jordão e Itapeva no E1, que apresentaram maior eficiência nas menores doses utilizadas.

Por fim, de maneira geral, a eficiência econômica dos herbicidas utilizados no presente trabalho para o controle do capim-capeta foi afetada pelo herbicida, dose, acessos e o estágio de desenvolvimento da planta. Embora o aumento da dose tenha aumentado o AUC em alguns tratamentos, não necessariamente a resposta foi mesma se tratando da eficiência econômica, pois o aumento da dose, consequentemente eleva o custo por hectare.

Dentre os herbicidas avaliados, a hexazinona apresentou resposta mais uniforme em ambos os estágios para o controle e o custo, mesmo apresentando elevado custo comercial, o herbicida apresentou alta eficiência e baixo custo por

hectare mesmo nas menores doses. Já o glifosato, se mostrou economicamente eficiente no E1, pois a aplicação nas plantas mais desenvolvidas exigiu doses maiores para atingir o controle mínimo funcional, aumentando assim o custo por hectare. Já o cletodim apresentou maior variação entre os acessos e entre as doses utilizadas, principalmente no E2, no qual foram necessárias maiores doses para atingir o controle mínimo funcional, reduzindo assim, a eficiência econômica para algumas cidades avaliadas.

Portanto, o custo financeiro do controle de *Sporobolus indicus* apresenta diferença entre herbicida, dose, estágio da planta e origem dos acessos. A hexazinona apresentou eficiência pelo tempo, baixa variação entre acessos e estágios e custo mínimo funcional de R\$ 18,50 ha⁻¹ na maioria dos tratamentos. O glifosato foi economicamente eficiente principalmente no E1, com custo de R\$ 18,20 ha⁻¹, enquanto no E2 o aumento da dose elevou o custo para cerca de R\$ 72,80 ha⁻¹. O cletodim apresentou a maior variabilidade e os maiores custos, e no E2, além de não atingir o controle mínimo funcional nos acessos de Jales e São Joaquim da Barra. Portanto, a aplicação em plantas mais jovens e o posicionamento do herbicida conforme o acesso são decisivos para atingir controle satisfatório com menor dose e custo por hectare.

5 REFERÊNCIAS

Ahmadi MS, Haderlie LC, Wicks GA (1980) Effect of growth stage and water stress on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and on glyphosate absorption and translocation. **Weed Science** 28:277-282. DOI: 10.1017/S0043174500055284.

Alcántara-de la Cruz R, Domínguez-Martínez PA, da Silveira HM, Cruz-Hipólito HE, Palma-Bautista C, Vázquez-García JG, Domínguez-Valenzuela JA, De Prado R (2019) Management of glyphosate-resistant weeds in Mexican citrus groves: chemical alternatives and economic viability. **Plants** 8:325. DOI: 10.3390/plants8090325

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22:711-728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

Cáceres NT (2021) **Plantas daninhas em pastagens: biologia, manejo e controle**. Viçosa: Editora UFV, 321 p.

Clobas-Celiz AR, Marshall MW, Anco DJ, Kuttty SN (2025) Evaluation of weed size and adjuvants on Texas panicum control with clethodim. **Weed Technology** 39. DOI: 10.1017/wet.2025.25.

Dias JCLS, Mncube TL, Sellers BA, Ferrell JA, Enloe SF, Vendramini JMB, Moriel P (2025) *Sporobolus indicus* var. *pyramidalis* management in response to hexazinone rates, rainfall, and application timing in Florida pasture systems. **Invasive Plant Science and Management** 18. DOI: 10.1017/inp.2025.15.

Dias-Filho MB (2015) **Controle de capim-capeta [*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.] em pastagens no estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 7 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 268).

Marchi SR, Martins D (Eds.) (2024) **Matologia de pastagens**. Jaboticabal: Funep, 504 p.

Martins HL, Campalle AN, Oliveira AB, Zanqueta JFD, Santos RTS, Rodrigues JS, Dutra FV, Baxter L, Grey TL, Alves PLCA (2026) Smut grass (*Sporobolus indicus*) chemical control: a systematic review. **Weed Science** 74. DOI: 10.1017/wsc.2026.10087.

Montgomery CL-M, Spackman JA, Schroeder KL, Adjesiwor AT (2024) Efficacy, crop response, and economics of alternatives to glyphosate for pre-plant weed control in small grains. **Agrosystems, Geosciences & Environment** 7:e20551. DOI: 10.1002/agg2.20551.

Padilla C, Febles G, Sardiñas Y (2003) El espartillo (*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.): contribución a los estudios de biología, control y efectos en la degradación

de los pastizales. In: FORO LATINOAMERICANO DE PASTOS Y FORRAJES, 2., 2003, San José de las Lajas, Cuba. **Anais...** La Habana: ICA, 1 CD-ROM.

Pecege Projetos (2020) **Custos agrícolas no setor sucroenergético: herbicidas**. Pecege Projetos, 17 p.

Rana N, Wilder B, Sellers B, Ferrell J, MacDonald G (2012) Effects of environmental factors on seed germination and emergence of smutgrass (*Sporobolus indicus*) varieties. **Weed Science** 60:558-563. DOI: 10.1614/WS-D-11-00208.1.

Regmi S, Mncube TL, Sellers BA, Dubeux JCB, McDonald GE, Devkota P (2026) Influence of adjuvants on hexazinone efficacy for smut grass (*Sporobolus* spp.) management. **Weed Technology** 40. DOI: 10.1017/wet.2026.10085.

Shay NJ, Baxter LL, Basinger NT, Schwartz BM, Belcher J (2022) Smutgrass (*Sporobolus indicus*) control in bahiagrass is improved with applications of herbicide and fertilizer. **Weed Technology** 36:700-707. DOI: 10.1017/wet.2022.73.

Shay NJ, Baxter LL, Basinger NT, Secor WG, Burt JC, Hancock GA, Schwartz BM, Belcher J (2025) Evaluating shifts in species distribution following herbicide and fertilizer applications for smutgrass (*Sporobolus indicus*) control in bahiagrass. **Weed Technology** 39. DOI: 10.1017/wet.2024.9.

Soltani N, Nurse RE, Sikkema PH (2016) Biologically effective dose of glyphosate as influenced by weed size in corn. **Canadian Journal of Plant Science** 96:455-460. DOI: 10.1139/cjps-2015-0256.

Spadotto CA (2025) **Método para ponderação entre custo financeiro e risco ambiental na recomendação de pesticidas na agricultura**. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 4 p. (Embrapa Agricultura Digital. Comunicado Técnico, 141).

Wynn S, Webb E (2022) Impact assessment of the loss of glyphosate within the EU: a literature review. **Environmental Sciences Europe** 34:91. DOI: 10.1186/s12302-022-00667-3.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficácia do controle químico do *Sporobolus indicus* variou conforme o herbicida, a dose, o estágio de desenvolvimento e a origem dos acessos. A hexazinona apresentou o controle mais rápido, uniforme e economicamente eficiente, com elevada eficácia a partir de 200 g i.a. ha⁻¹. O glifosato foi eficiente principalmente em plantas jovens, enquanto o cletodim apresentou resposta mais lenta e variável, embora possa ser utilizado como alternativa para a rotação de mecanismos de ação.

As forrageiras responderam de forma distinta aos tratamentos. O glifosato causou os maiores danos, enquanto cletodim e hexazinona permitiram recuperação em algumas doses, com maior tolerância de *Cynodon dactylon*. As alterações bromatológicas dependeram da espécie e do tratamento, sem indicar aumento consistente da qualidade da forragem.

A análise econômica demonstrou que a eficiência dos tratamentos dependeu do herbicida, do estágio de desenvolvimento das plantas e da dose necessária para atingir o controle funcional. O hexazinona apresentou maior estabilidade econômica entre as condições avaliadas, enquanto o glifosato apresentou baixo custo em plantas jovens, mas teve sua eficiência econômica reduzida em plantas mais desenvolvidas devido à necessidade de maiores doses. O clethodim apresentou maior variabilidade entre acessos e estágios de desenvolvimento.

Assim, para o manejo do capim-capeta, devem-se considerar a aplicação em estágios iniciais, a origem dos acessos, a sensibilidade da forrageira e a relação entre eficácia e custo.