

**SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS PARA O HERBICIDA INDAZIFLAM**

SELECTION OF BIOINDICATOR SPECIES FOR THE HERBICIDE INDAZIFLAM

Roque Carvalho Dias^{a*}, Diego Munhoz Gomes^a, Vitor Muller Anunciato^a, Leandro Bianchi^a, Plinio Saulo Simões^b, Caio Antonio Carbonari^b, Edivaldo Domingues Velini^b

^aDepartamento de Proteção de Plantas, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, São Paulo, Brasil. ^bDepartamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, São Paulo, Brasil.

*Autor correspondente: roquediasagro@gmail.com.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO**Histórico do artigo:**

Recebido: 24 Novembro 2018.

Aceito: 13 Junho 2019.

Publicado: 25 Agosto 2019

Palavras-chave/Keywords:

Inibidor da Síntese de Parede Celular/
Cellulose Biosynthesis Inhibitor.
Alquilazina/ Alkylazine.

Financiamento:

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

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo apoio financeiro a pesquisa através do Projeto (Processo n. 140683/2018-6).

Direito Autoral: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.

Citação deste artigo:

DIAS, R. C.; GOMES, D. M.; ANUNCIATO, V. M.; BIANCHI, L.; SIMÕES, P. S.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Seleção de espécies bioindicadoras para o herbicida indaziflam. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n.2. 2019.

RESUMO

O herbicida indaziflam apresenta atividade residual no solo e pode se tornar problema para os cultivos agrícolas, pela possibilidade de *carryover* em culturas sucessoras. Assim, objetivou-se selecionar potenciais espécies bioindicadoras para presença de resíduos do indaziflam no solo. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, utilizando vasos de polietileno de 0,00025 m³, ambos distribuídos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. No primeiro experimento foram utilizadas onze espécies com potencial uso como bioindicadoras: arroz, aveia, beterraba, capim-braquiária, feijão, girassol, milho, pepino, soja, tomate e trigo submetidas à aplicação de sete doses de indaziflam (0; 6,25; 12,5; 25; 50; 75 e 100 g i.a. ha⁻¹), em pré-emergência das culturas. No segundo experimento, cinco sub-doses (0; 0,3906; 0,7812; 1,5625 e 3,125 g i.a. ha⁻¹) do indaziflam foram aplicadas nas espécies que não emergiram na menor dose ou concentração do herbicida no primeiro experimento. Foram avaliadas a fitointoxicação e altura de plantas (ALT) aos 3, 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE). Aos 21 DAE avaliou-se matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST). O aumento das doses de indaziflam provocou aumento dos sintomas de fitointoxicação e reduções nas variáveis ALT, MSPA, MSR e MST. Entre as espécies avaliadas, em monocotiledôneas na ordem: capim-braquiária, arroz, milho, trigo, aveia e em eudicotiledôneas: tomate, pepino, girassol, feijão, soja apresentam potencial para uso como bioindicadora em estudos com indaziflam. A beterraba apresentou ser extremamente sensível ao herbicida não emergindo em nenhuma das doses estudadas.

ABSTRACT

The indaziflam herbicide presents residual activity in the soil and may become a problem for agricultural crops, due to the possibility of carryover in successor crops. Thus, the objective was to select potential bioindicator species for the presence of indaziflam residues in the soil. Two experiments were carried out in a greenhouse using 0.000250 m³, both distributed in a randomized complete block design with four replicates. In the first experiment, eleven species with potential use as bioindicators were used: rice, oats, beet, brachiaria grass, beans, sunflower, corn, cucumber, soybean, tomato and wheat submitted to seven doses of indaziflam (0; 6.25; 12.5; 25; 50; 75 and 100 g a.i. ha⁻¹) in pre-emergence of crops. In the second experiment, five sub-doses (0, 0.3906, 0.7812, 1.5625 and 3.125 g a.i. ha⁻¹) of indaziflam were applied to the species that did not emerge at the lowest dose or concentration of the herbicide in the first experiment. The phytotoxicity and plant height (ALT) were evaluated at 3, 7, 14 and 21 days after emergence (DAE). Dry matter of aerial part (MSPA), root (MSR) and total (MST) was evaluated at 21 DAE. Different levels of tolerance of the species to indaziflam were observed. Increased indaziflam doses caused increased phytotoxicity symptoms and reductions in ALT, MSPA, MSR and MST. Among the evaluated species, in monocotyledons in the order: signal grass, rice, corn, wheat and oats in eudicots: tomato, cucumber, sunflower, beans e soybean present potential for use as a bioindicator in indaziflam studies. The beet was extremely sensitive to the herbicide and did not emerge at any of the doses studied.

1. Introdução

Os herbicidas, depois de aplicados, podem atingir o solo ou ser absorvidos pela parte aérea da planta. Quando entram em contato com o solo, eles estão sujeitos à sorção, transformação e processos de transporte, e estes compostos podem persistir por um curto período, por meses ou anos, no caso daqueles altamente persistente (AMIM et al., 2014). Esse comportamento pode variar de acordo as características físico-químicas do herbicida e do solo, umidade do solo, atividade microbiana e condições climáticas (INOUE et al., 2011).

A atividade residual de herbicidas no solo quando bem manejada e ativa na solução do solo, possibilita suprimir novos fluxos de plantas daninhas, reduzindo o número de aplicações e permitindo que a cultura possa emergir em ambiente com competição mínima ou nula. No entanto, os resíduos de herbicidas no solo podem levar à intoxicação e prejudicar o crescimento e desenvolvimento de culturas em sucessão (*carryover*) (MELO et al., 2016).

O herbicida indaziflam pertence ao grupo químico da alquilazina, e atua como um inibidor de biossíntese de celulose, é recomendado para a aplicação em pré-emergência no controle de monocotiledôneas e eudicotiledôneas em diversas culturas como: banana, café, caju, cana-de-açúcar, citro, coco, entre outras (MAPA, 2018). As características físico-químicas são a baixa solubilidade em água ($0,0028 \text{ kg m}^{-3}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), o $K_{oc} < 1.000 \text{ mL g}^{-1}$ de carbono orgânico, o P_{ka} de 3,5 e o $\log K_{ow}$ em pH 4,7 ou 9 de 2,8 (TOMPKINS, 2010). O indaziflam é caracterizado pela meia-vida de 150 dias, alta persistência no solo (ALONSO et al., 2015, (KAAPRO; HALL, 2012), em soja e beterraba a persistência da atividade biológica do indaziflam foi superior a 150 dias tanto em solo muito

argiloso quanto em textura franco-argiloarenosa (GUERRA et al., 2016). Segundo Guerra et al. (2013) os metabólitos desse herbicida apresentam alto potencial de lixiviação para água subterrânea, o que faz necessário conhecimento do seu comportamento no solo.

Dentre os métodos de monitoramento e avaliação de resíduos de herbicidas no solo, destaca-se a técnica de bioensaio, na qual utilizam-se plantas que demonstram alta sensibilidade ao produto avaliado e apresenta baixo custo em relação as demais técnicas, fácil cultivo e rápido desenvolvimento (DIAS et al., 2017). Dessa forma, diante da simplicidade e baixo custo para realização torna-se uma das técnicas mais comuns na detecção de resíduos de herbicidas no solo (NUNES; VIDAL, 2009).

Considerando o tempo de permanência desse herbicida no solo e a possibilidade de contaminação de cultura sucessoras, objetivou-se neste trabalho selecionar espécies com potencial uso como bioindicadoras para indicação de resíduos de indaziflam no solo.

2. Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando-se como substrato Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013), de textura média cuja as propriedades físico-químicas encontram-se na Tabela 1, as amostras de solo foram coletadas na Fazenda Experimental Lageado em Botucatu-SP em uma área em pousio, na profundidade de 0-20 cm. As amostras de solo foram peneiradas para remoção dos resíduos presentes na superfície do solo, e posteriormente secas ao ar e acondicionadas em vasos de polietileno com capacidade de $0,00025 \text{ m}^3$.

Tabela 1. Características físico-químicos do Latossolo Vermelho Distroférico de textura média utilizado no experimento

pH (CaCl ₂)	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	
4,1	0,00	41,00	4,00	3,00	0,10	
M.O. (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	CTC (pH=7) (mmol _c dm ⁻³)	V (%)	Areia	Silte (g kg)	Argila
17,00	1,00	55,00	58,00	644	47	309

No primeiro experimento os tratamentos foram constituídos de sete doses do herbicida indaziflam (Alion[®], SC, 500 g i.a. L, Bayer S.A.) 0; 6,25; 12,5; 25; 50; 75 e 100 g i.a. ha⁻¹, o que equivale a 0; 6,25; 12,5; 25; 50; 75; 100% da dose recomendada pelo fabricante. Foi realizado um segundo experimento para as espécies que não emergiram na menor dose e/ou concentração do herbicida, para isso foram utilizadas cinco doses do indaziflam: (0; 0,3906; 0,7812; 1,5625 e 3,125 g i.a. ha⁻¹) equivalente a 0; 0,3906; 0,78125; 1,5625 e 3,125% da dose recomendada pelo fabricante. Testaram-se onze espécies vegetais: arroz (*Oryza sativa*), aveia (*Avena sativa*), beterraba (*Beta vulgaris*), braquiária (*Urochloa decumbens*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), girassol (*Helianthus annuus*), milho (*Zea mays*), pepino (*Cucumis sativus*), soja (*Glycine max*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) e trigo (*Triticum aestivum*).

Após a semeadura, os vasos foram irrigados mantendo-se os teores de umidade próximo a capacidade de campo e depois de duas horas para procedeu-se à aplicação dos herbicidas. Para cada espécie foram colocadas cinco sementes por vaso à profundidade de 1-2 cm e após a emergência foi feito desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Durante a condução dos experimentos a irrigação dos vasos foi realizada sempre que necessária, visando manter a umidade necessária para o desenvolvimento das plantas.

A aplicação do herbicida foi realizada sobre o solo úmido utilizando-se um pulverizador instalado em ambiente controlado, provido de uma barra de pulverização com quatro pontas de pulverização XR 110.02 VS, espaçadas entre si em 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais. O sistema foi operado com velocidade de deslocamento de $3,6 \text{ km h}^{-1}$,

com volume de calda de 200 L ha⁻¹, pressão constante de 3,0 kgf cm⁻², pressurizado por ar comprimido.

Aos 3, 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE) foi realizada a medição da altura de plantas em centímetros (ALT), com auxílio de régua milimetrada e a avaliação de fitointoxicação através de escala de notas na qual 0% representa nenhuma injúria e 100% morte das plantas, conforme a metodologia proposta pela SBCPD (1995). Aos 21 DAE realizou-se a coleta da parte aérea e a raiz das plantas e secadas em estufa (72 h, a 65 °C), visando à determinação da matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2014) e ajustados ao modelo de regressão não-linear logístico de três parâmetros por meio do pacote estatístico Sigmaplot versão 12.0, (Eq.1). Para o ajuste dos modelos os dados foram transformados em porcentagem em relação a testemunha, para as variáveis resposta fitointoxicação e altura, separou-se as espécies avaliadas e foi ajustado um modelo para cada período de avaliação, sendo considerado como fator a dose do herbicida, por outro lado, quando a variável resposta foi a matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST) o ajuste do modelo foi realizado para cada espécie em separado.

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]}$$

Onde: y = porcentagem de altura, fitointoxicação, gramas de matéria seca da parte aérea, raiz e total; x = dose do herbicida (g i.a. ha⁻¹); a, b e c são parâmetros da equação, sendo que a = assíntota entre o ponto máximo e mínimo da variável, b = é a dose que proporciona 50% de resposta da variável.

3. Resultados e discussão

Foram observados diferentes níveis de tolerância das espécies após a aplicação do herbicida indaziflam nos dois experimentos. Ademais, os valores das variáveis analisadas fitointoxicação, altura (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) foram inversamente proporcionais ao aumento da dose do herbicida indaziflam.

As plantas que apresentaram elevada sensibilidade em relação ao herbicida foram: beterraba (*Beta vulgaris*), braquiária (*Urochloa decumbens*), girassol (*Helianthus annuus*), pepino (*Cucumis sativus*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*). Para espécies se observou que mesmo na menor dose (6,25 g i.a. ou 6,25% da dose recomendada do herbicida indaziflam) não houve a emergência das plântulas, sendo realizado um segundo experimento.

Na avaliação de fitointoxicação tanto no primeiro quanto no segundo experimento para todas as espécies estudadas os sintomas iniciaram aos 3 DAA mesmo na menor dose do indaziflam (6,25 e 0,3906 g i.a. ha⁻¹, experimento 1 e 2, respectivamente), e se intensificaram no decorrer dos períodos de avaliação (Figuras 1 e 2).

Nas plantas monocotiledôneas verificou-se sintomas de fitointoxicação, caracterizados pelo enrolamento seguido de clorose e necrose das folhas (Figura 3), além de reduções mais acentuadas na ALT, MSPA, MSR e MST em braquiária (*Urochloa decumbens*), arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena sativa*), respectivamente. Importante ressaltar que no primeiro experimento, não houve a emergência das plântulas de *U. decumbens* na menor dose (6,25% da dose recomendada e no segundo, aos 3 DAE com 1,5625 g i.a. ha⁻¹) já foi observada morte das plantas (Figura 2), demonstrando maior sensibilidade dessa espécie.

Em plantas de arroz aos 14 DAE houve morte na maior dose (100 g i.a. ha⁻¹) e aos 21 DAE na menor dose (6,25 g i.a. ha⁻¹) os efeitos fitotóxicos chegaram a 63% (Figura 1). Os sintomas de fitointoxicação nas plantas de milho, trigo e aveia, foram considerados severos, chegando a 95%, 92% e 90%, respectivamente, aos 21 DAE na dose recomendada pelo fabricante.

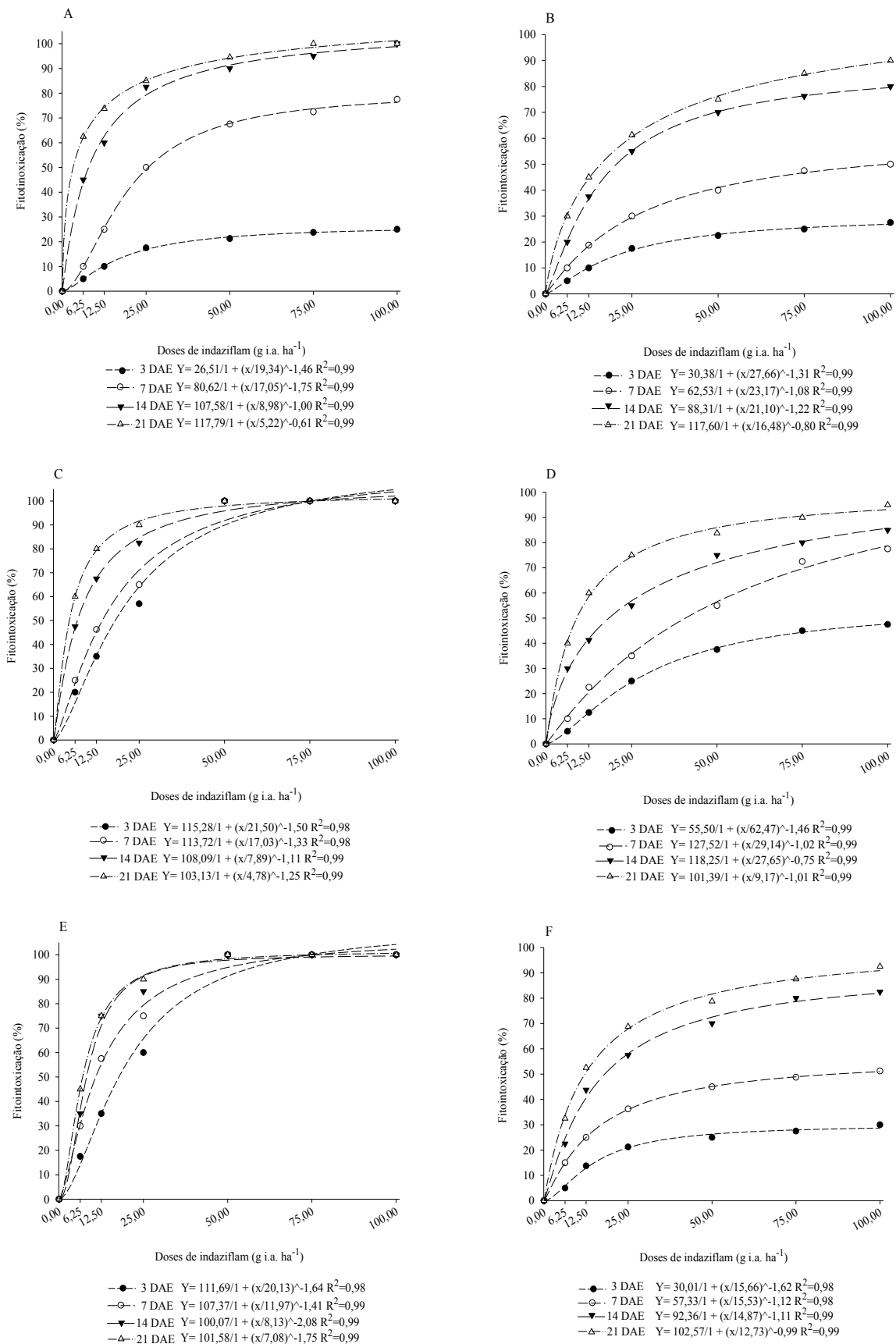


Figura 1. Fitointoxicação (%) de plantas de arroz - A, aveia - B, feijão - C, milho - D, soja - E e trigo - F submetidas a aplicação de 0; 6,25; 12,5; 25; 50; 75; 100% da dose recomendada de indaziflam. Primeiro experimento

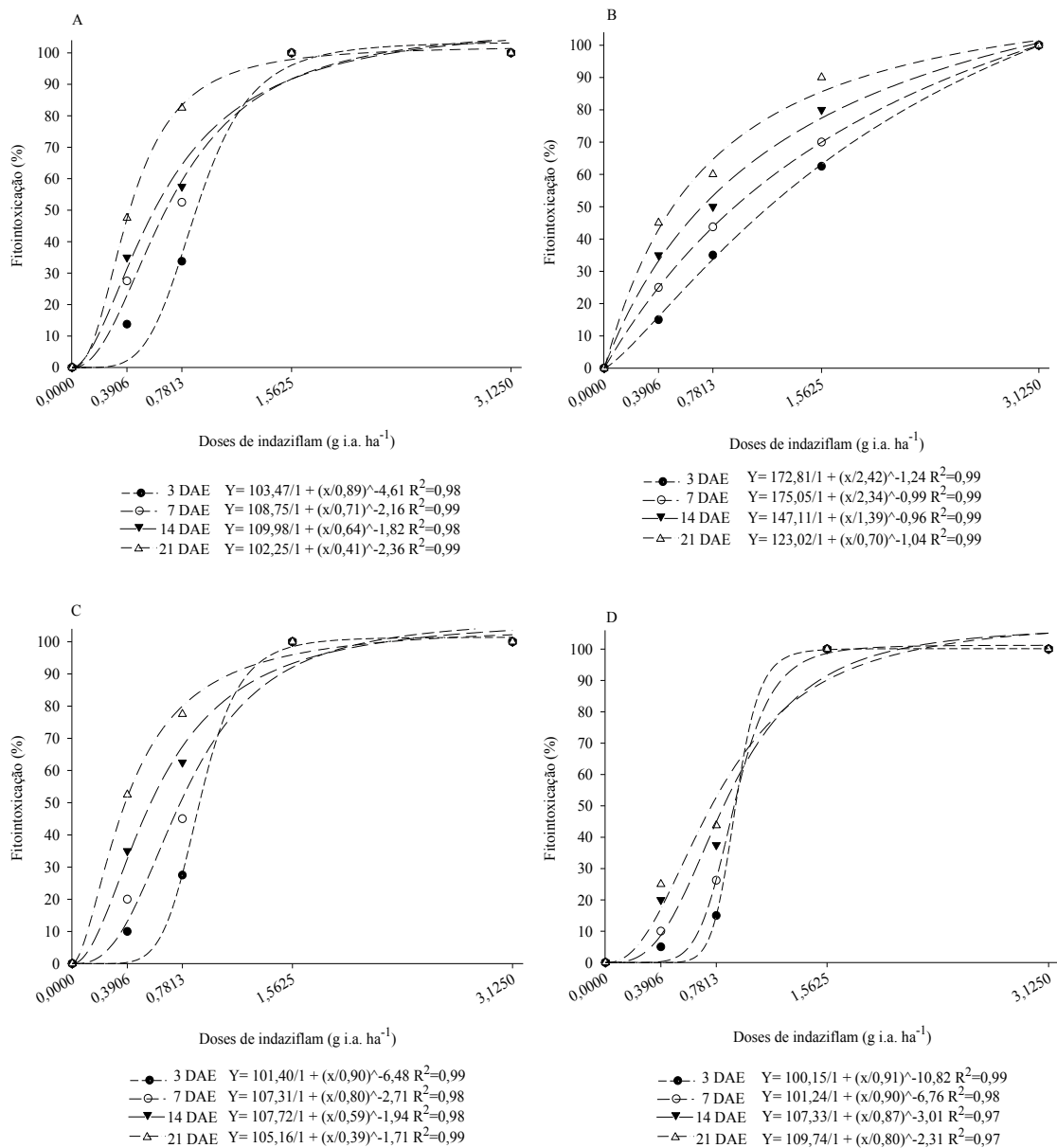


Figura 2. Fitointoxicação (%) de plantas de braquiária - A, girassol - B, pepino - C e tomate - D submetidas a aplicação de 0; 0,3906; 0,7813; 1,5625 e 3,1250% da dose recomendada de indaziflam. Segundo experimento.

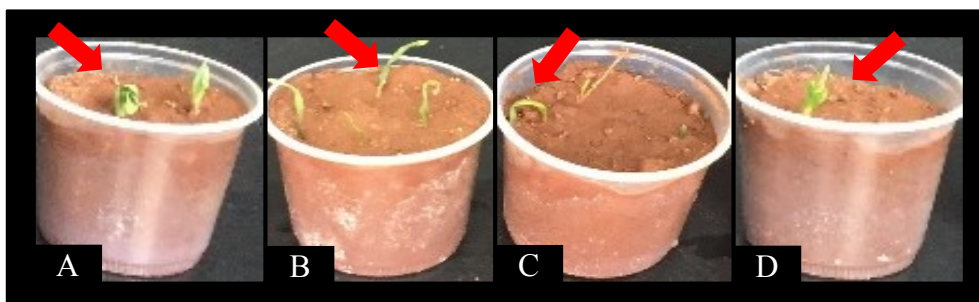


Figura 3. Sintomas de fitointoxicação em espécies monocotiledôneas (Milho A e D; Trigo B e Aveia C) causado pela aplicação do herbicida indaziflam (50,00 g i.a. ha⁻¹). Foto: Roque de Carvalho Dias.

Analisando as espécies eudicotiledôneas, a beterraba, girassol, pepino e tomate não emergiriam no primeiro estudo em que a menor dose foi de 6,25 g ha⁻¹ de indaziflam. Já em relação ao feijão e soja, notou-se valores similares para as variáveis estudadas, fitointoxicação, ALT, MSPA, MSR e MST (Figuras 1, 5, e 7). Vale destacar também que as doses superiores a 50 g i.a. ha⁻¹ do indaziflam foram suficientes para provocar a morte dessas espécies. De maneira geral, os

efeitos nessas plantas foram caracterizados pelo espessamento e rompimento do hipocótilo (Figura 4). Em plantas de beterraba, no segundo estudo, mesmo na dose de 0,3906 i.a. ha⁻¹ não foi observada a emergência dessa espécie, este comportamento classifica como espécie extremamente sensível ao herbicida. Em pepino e tomate foram observadas morte das plantas na dose de 1,5625 i.a. ha⁻¹ e em girassol 3,125 i.a. ha⁻¹ aos 3 DAE (Figura 2).



Figura 4. Sintomas de fitointoxicação em plantas de feijão submetidos pela aplicação do herbicida indaziflam (6,25 g i.a. ha⁻¹). Foto: Roque de Carvalho Dias.

Os sintomas verificados no presente estudo devem-se ao mecanismo de ação desse herbicida, Brabham et al. (2014) salientaram que o indaziflam atua na inibição da biossíntese de celulose. De acordo com esses autores, isso ocorre pelo fato dessa molécula impedir a polimerização de celulose a partir do substrato UDP-glicose, realizada pela glucosiltransferase e, também, pela inibição da multiplicação das células, a partir de outros polissacarídeos, devido ao acúmulo de ácido nítrico nas mesmas. Ainda nesse trabalho, observaram que a presença do indaziflam inibiu a incorporação do C14 da glicose em ácidos insolúveis da fração de celulose, o qual contribui para formação da parede celular. Além disso, a inibição da divisão celular do tecido meristemático, também, tem sido proposta como modo de ação secundário (GRIFFIN, 2005). De acordo com Kaapro e Hall (2012), a inibição da deposição de cristais na parede celular afeta a formação, a divisão e o alongamento celular, entretanto, tecidos completamente desenvolvidos não são afetados. Logo, os sintomas em plantas sensíveis são caracterizados pela ausência de emergência.

Guerra et al. (2013) relataram que a beterraba, o girassol e o pepino têm elevada sensibilidade ao indaziflam. Em solo aplicado com indaziflam (20 g i.a. ha⁻¹), constatou-se que as plântulas de beterraba e pepino não emergiram

Guerra et al. (2014), demonstrando serem espécies importantes na detecção desse herbicida no solo. Já Jeffries et al. (2014), simulando deriva após 70 dias depois a aplicação de 1,8 g ha⁻¹ de indaziflam observaram efeitos negativos em plantas de tomate.

Além de sensível ao indaziflam, a beterraba apresenta-se como sensível a herbicidas de variados mecanismos de ação como sulfentrazone (BLANCO et al., 2010), saflufenacil (DIESEL et al., 2012), e ethoxysulfuron (OLIVEIRA et al., 2018).

De maneira geral, a dose de 6,25 g i.a. ha⁻¹ foi suficiente em reduzir 73% da ALT aos 21 dias após a emergência (DAE) em arroz, milho e trigo em relação a testemunha. (Figura 5) e em capim-braquiária a redução foi de 45% já aos 3 DAE na menor dose utilizada (Figura 6). A presença de indaziflam no solo ocasionou elevada redução em ALT em feijão e soja, com valores próximos a 45% aos 21 DAE na menor dose estudada (6,25 g i.a. ha⁻¹) (Figura 5), 50% em pepino e tomate (0,78125 g i.a. ha⁻¹) e 46% em girassol (1,5625 g i.a. ha⁻¹) (Figura 6). Jeffries et al. (2014), verificaram reduções na altura das plantas sob simulação de deriva do herbicida indaziflam e que essas reduções foram acompanhadas dos sintomas de fitointoxicação, corroborando os resultados desse trabalho.

R. C. DIAS et al.

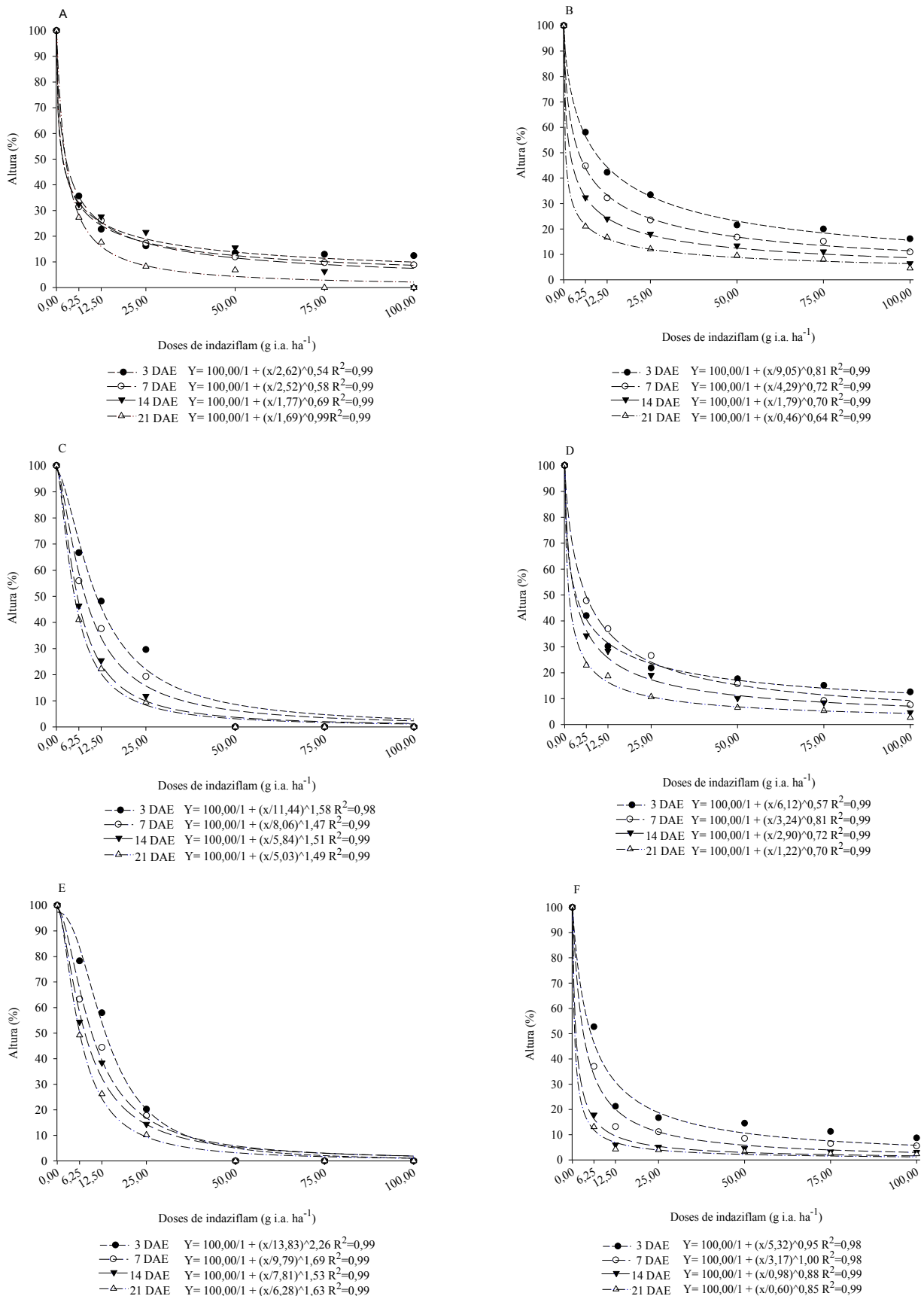


Figura 5. Altura (%) em relação ao tratamento controle (sem herbicida) de plantas de arroz - A, aveia - B, feijão - C, milho - D, soja - E e trigo - F submetidas a aplicação de 0; 6,25; 12,5; 25; 50; 75; 100% da dose recomendada de indaziflam. Primeiro experimento.

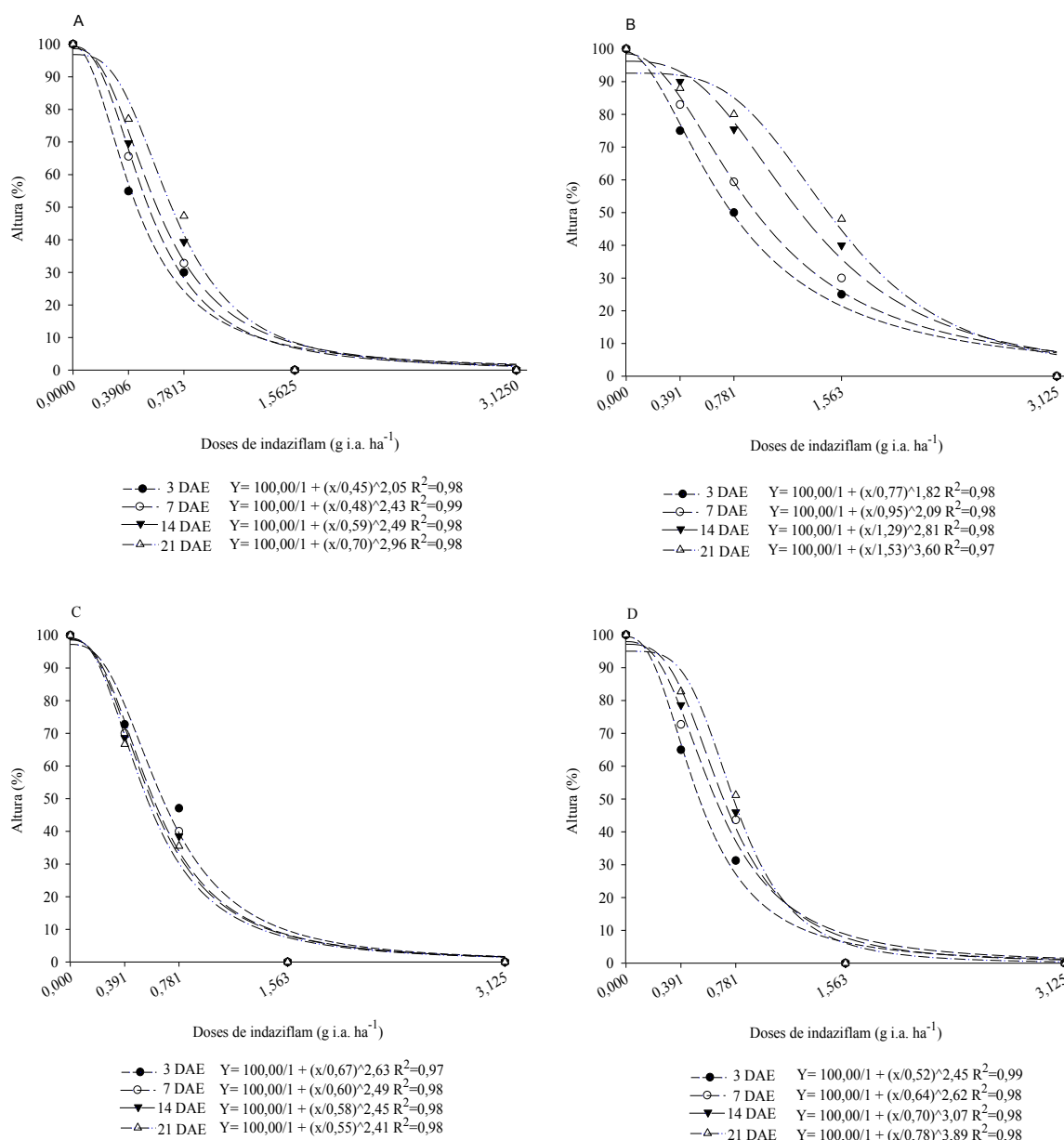


Figura 6. Altura (%) em relação ao tratamento controle (sem herbicida) de plantas de braquiária - A, girassol - B, pepino - C e tomate - D submetidas a aplicação de 0; 0,3906; 0,7813; 1,5625 e 3,1250% da dose recomendada de indaziflam. Segundo experimento.

Quanto à MSPA, MSR e total MST (Figuras 7 e 8), observa-se que plantas de capim-braquiária apresentaram valores de I_{50} 0,86; 0,50 e 0,60 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, entretanto, vale salientar que as demais espécies monocotiledôneas utilizadas no presente estudo também apresentaram também valores do I_{50} baixos. Dessa maneira, *U. decumbens* apresentou maior sensibilidade em espécies monocotiledôneas seguido por *O. sativa*, *Z. mays*, *T. aestivum* e *A. sativa*. Já os valores de I_{50} em relação a MSPA, MSR e MST foram inferiores a 9,05 g i.a. ha⁻¹ do indaziflam em feijão e soja (Figura 7). Nessas mesmas

variáveis, no segundo experimento, observou maiores reduções em tomate, pepino e girassol, apresentando valores de I_{50} de MST 0,56, 0,73 e 0,88 g i.a. ha⁻¹ respectivamente (Figura 8). Assim, em eudicotiledôneas a *L. esculentum* demonstrou maior sensibilidade seguido de *C. sativus* e *H. annuus*. Tendo em vista, que em *B. vulgaris* houve morte da planta nos dois experimentos, este comportamento classifica a beterraba como espécie extremamente sensível ao herbicida, entretanto, dificulta sua seleção como planta bioindicadora por impossibilitar a visualização dos sintomas típicos do produto.

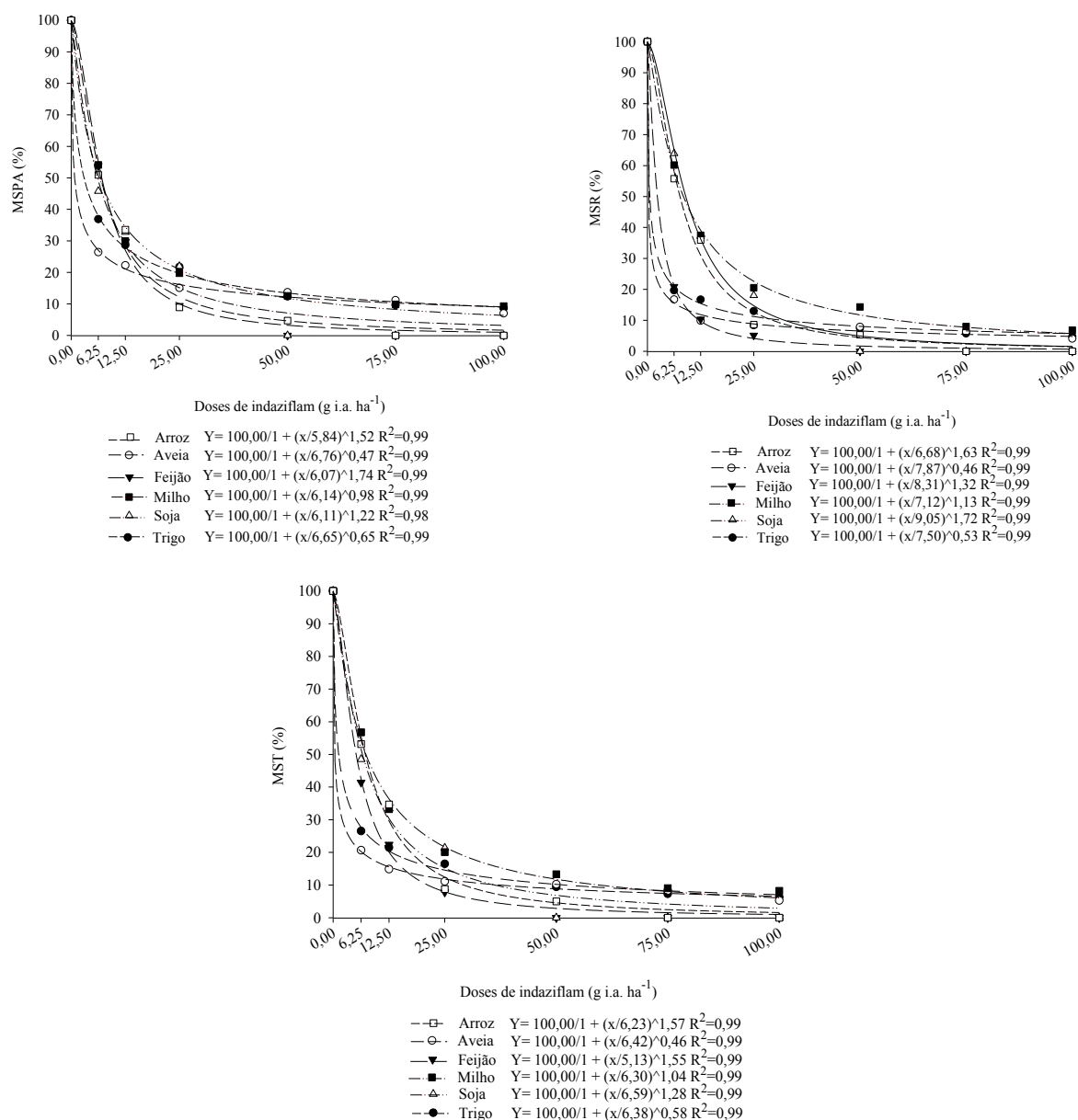


Figura 7. MSPA, MSR e MST (%) de plantas de arroz, aveia, feijão, milho, soja e trigo submetidas a aplicação de 0; 6,25; 12,5; 25; 50; 75; 100% da dose recomendada de indaziflam. Primeiro experimento.

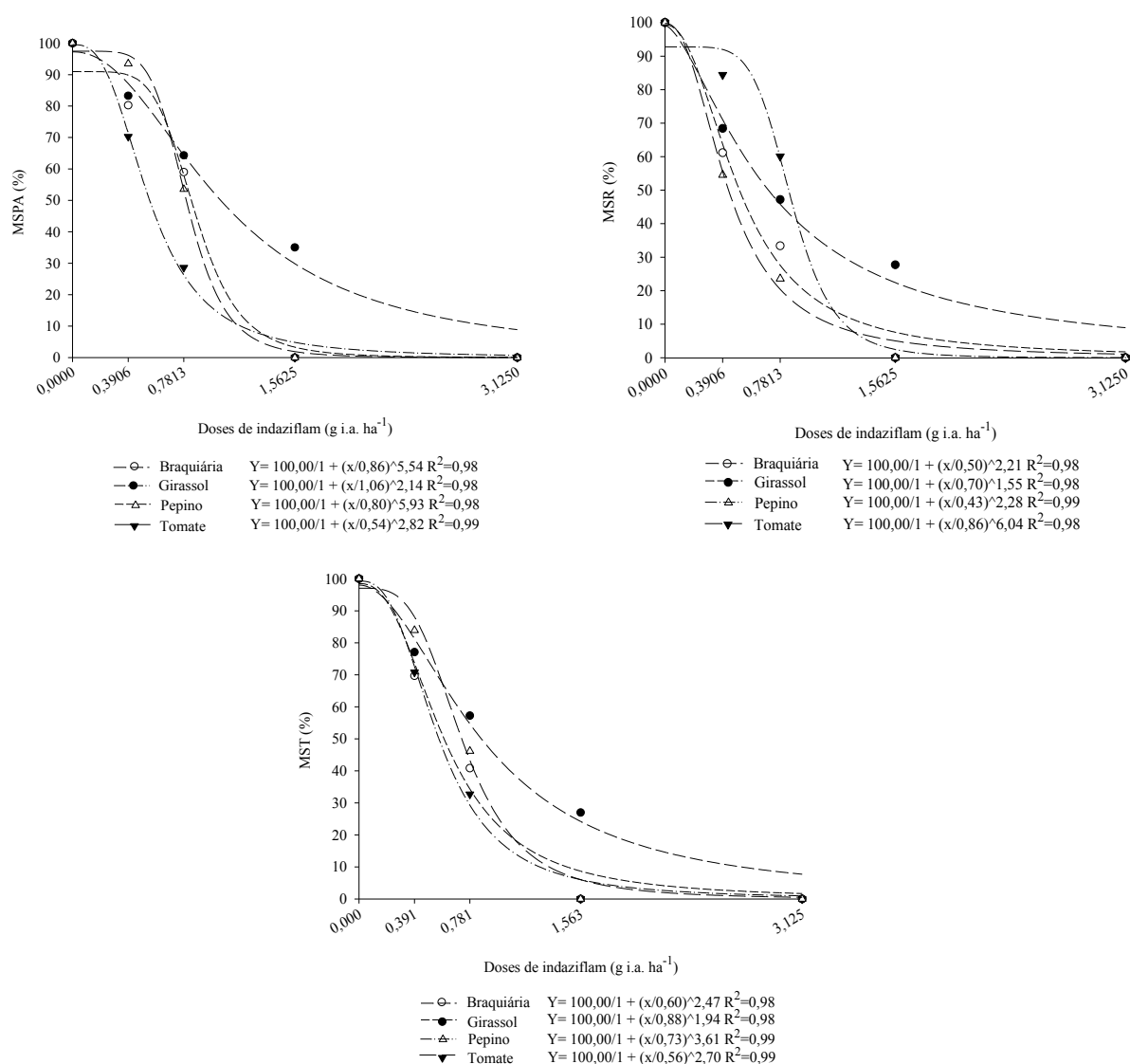


Figura 8. MSPA, MSR e MST (%) de plantas de braquiária, girassol, pepino e tomate submetidas a aplicação de 0; 0,3906; 0,7813; 1,5625 e 3,1250% da dose recomendada de indaziflam. Segundo experimento.

As reduções na MSPA, MSR e MST apresentaram relação direta aos níveis de fitointoxicação proporcionados pelo herbicida às plantas estudadas. O indaziflam é absorvido pelas raízes e pelos tecidos da parte aérea, inibindo o crescimento da raiz por meio da interferência na formação da parede celular e na divisão celular, logo, com os danos no sistema radicular das espécies avaliadas houve consequentemente redução no crescimento da parte aérea e total das plantas. Segundo Jeffries et al. (2014), mostram que a redução de matéria seca de parte aérea, raiz, altura de plantas e injúrias das plantas são a taxas semelhantes, comprovando comportamento análogo entre os órgãos das plantas testadas neste estudo.

4. Conclusão

Entre as espécies avaliadas em ordem de acordo com o potencial uso como bioindicadora do herbicida indaziflam aplicado no solo, em monocotiledôneas: *Urochloa*

decumbens, *Oryza sativa*, *Zea mays*, *Triticum aestivum* e *Avena sativa*, em eudicotiledôneas: *Lycopersicon esculentum*, *Cucumis sativus*, *Helianthus annuus*, *Phaseolus vulgaris* e *Glycine max*. Embora a espécie *B. vulgaris* ser extremamente sensível ao herbicida, sua seleção como planta bioindicadora deve ser analisada para cada situação.

Referências

- Alonso, D.G.; Oliveira Jr, R.S.; Hall, K.E.; Koskinen, W.C.; Constantin, J.; Mislankar, S. Changes in sorption of indaziflam and three transformation products in soil with aging. *Geoderma*, v.239, n.4, p.250-256, 2015.
- Amin, R.T.; Freitas, S.P.; Freitas, I.L.J.; Gravina, G.A.; Paes, H.M.F. Controle de plantas daninhas pelo indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas. *Planta Daninha*, v.32, n.4, p.791-800, 2014.

- Blanco, F.M.G.; Velini, E.D.; Filho, A.B. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.69, n.1, p.71-75, 2010.
- Brabham, C.; Lei, L.; Gu, Y.; Stork, J.; Barrett, M.; Debolt, S. Indaziflam herbicidal action: a potent cellulose biosynthesis inhibitor. **Plant Physiology**, v.166, n.3, p.1177-1185, 2014.
- Dias, R.C.; Mendes, K.F.; Oliveira, C.R.; Pucci, L.F.; Reis, M.R. Métodos de Análises e Comportamento de Herbicidas no Solo. In: Lopes, E.A et al. (Ed.). **A Química na Produção Vegetal**. 1 ed. Rio Paranaíba, MG: Editora dos Autores, 2017. p.339-399.
- Diesel, F.; Trezzi, M.M.; Pazuch, D.; Xavier, E.; Rosin, D.; Pagnoncelli, F. Seleção de espécies da família *Cucurbitaceae* e *Chenopodiaceae* para indicação da presença de saflufenacil no solo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.22, p.35-42, 2012.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Brasília, DF). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 154p.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014
- Griffin, J.L. Inhibition of cell wall synthesis. In: Griffin, J. L. **Weed course**. 2005, p. 150-153.
- Guerra, N.; de Oliveira Júnior, R.S.; Constantin, J.; de Oliveira Neto, A.M.; Braz, G.B.P. Aminocyclopyrachlor e indaziflam: Seletividade, controle e comportamento no ambiente. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.3, p.285-295, 2013.
- Guerra, N.; Oliveira Neto, A.M.; Oliveira, J.R.; Constantin, J.; Takano, H.K. Sensibility of plant species to herbicides aminocyclopyrachlor and indaziflam. **Planta Daninha**, v.32, n.3, p.609-617, 2014.
- Guerra, N.; Oliveira Junior, R.S.; Constantin, J.; Oliveira Neto, A.M.; Gemelli, A.; Pereira Junior, D. M.; Guerra, A. (2016). Persistence of Biological Activity and Leaching Potential of Herbicides Aminocyclopyrachlor and Indaziflam in Soils with Different Textures1. **Planta Daninha**, v.34, n.2, p.345-356, 2016.
- Inoue, M.H.; Santana, C.T.C.; Oliveira, J.R.; Possamai, A.C.S.; Santana, D.C.; Arruda, R.A D.; Dallacort, R.; Sztoltz, C. L. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, v.29, n.2, p.429-435, 2011.
- Jeffries, M.D.; Mahoney, D.J.; Gannon, T.W. Effect of Simulated Indaziflam Drift Rates on Various Plant Species. **Weed Technology**, v.28, n.4, p.608-616, 2014.
- Kaapro, J.; Hall, J. Indaziflam, a new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. **Pakistan Journal Weed Science Research**, v.18, n.esp., p.267-270, 2012.
- MAPA - Ministério da Agricultura. **AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>> Acesso em: 03 jul. 2018.
- Melo, C.A.D., Dias, R.C; Mendes, K.F.; Assis, A.C.D.L.P.; dos Reis, M.R. Carryover de herbicidas em sistemas cultivados com olerícolas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.1, p.67-78, 2016.
- Nunes, A.L.; Vidal, R.A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.19, n.1, p.19-28, 2009.
- Oliveira, T.L.; de Paula Senoski, M.; Assis, A.C.D.L.P.; de Miranda, V.P.; Melo, C.A.D.; dos Reis, M.R. Seleção de espécies bioindicadoras do herbicida ethoxysulfuron. **Revista de Ciências Agrárias**, v.61, n.2, 2018.
- Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.
- Tompkins, J. Environmental Protection Agency Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. **Environmental Protection Agency**, 2010.