

DETERMINAÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DE INDAZIFLAM E AMICARBAZONE EM DOIS SOLOS POR MEIO DE BIOENSAIO**DETERMINATION OF RESIDUAL EFFECT OF INDAZIFLAM AND AMICARBAZONE IN TWO SOILS THROUGH BIOASSAY**Queli Moreno Savaris^a, Miriam Hiroko Inoue^{a*}, Kassio Ferreira Mendes^b, Cleber Daniel Goes Maciel^c, Enelise Osco Helvig^c^aDepartamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Mato Grosso, Brasil. ^bDepartamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ^cPós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste, Paraná, Brasil.

*Autor correspondente: miriam@unemat.br.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO**Histórico do artigo:**

Recebido: 27 Agosto 2018.

Aceito: 03 Fevereiro 2020.

Publicado: 20 Março 2020.

Palavras-chave/Keywords:

Fitointoxicação/ Phytointoxication.

Persistência no solo/ Persistence in soil.

Planta sensível/ Sensitive plant.

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:

SAVARIS, Q. M.; INOUE, M. H.; K. F. MENDES, MACIEL, C. D. G.; HELVIG, E. O. Determinação do efeito residual de indaziflam e amicarbazone em dois solos por meio de bioensaio. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 18, n. 3. 2019.

RESUMO

Os herbicidas indaziflam e amicarbazone controlam de modo efetivo plantas daninhas, visto que persistem por longos períodos no solo. Diante das poucas informações acerca da dinâmica desses produtos no solo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual do indaziflam e amicarbazone em solos com texturas contrastantes. Dois experimentos foram conduzidos, sendo um experimento para cada herbicida, adotando-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos, em esquema fatorial 2x6+1, avaliando-se dois tipos de solo, seis épocas de aplicação (0, 20, 40, 60, 80 e 100 dias após aplicação - DAA) e, uma testemunha sem herbicida. As doses utilizadas foram de 100 e 1.400 g ha⁻¹ para indaziflam e amicarbazone, respectivamente. Em cada época de avaliação foi semeado o pepino (*Cucumis sativus* L.) e mensurada a intoxicação visual da espécie aos 21 dias após a semeadura. Aos 0, 20 e 40 DAA de amicarbazone, a fitointoxicação foi de 100% em ambos os solos. Todavia, aos 100 DAA, o herbicida não causava efeito no pepino semeado em solo arenoso (DT₅₀ @ 56 dias), mas ainda provocava fitointoxicação de 30%, em argiloso (DT₅₀ @ 59 dias). O indaziflam causou a morte da planta indicadora em todos os períodos analisados. Concluiu-se que o indaziflam apresenta maior atividade residual que o amicarbazone, independentemente da textura do solo. Para amicarbazone, o efeito residual foi superior na textura argilosa.

ABSTRACT

The herbicides indaziflam and amicarbazone effectively control weeds, as they persist for long extensions in the soil. The objective of this work was to evaluate the residual effect of indaziflam and amicarbazone in contrasting textures. Two experiments were conducted, one experiment for each herbicide using a randomized block design, with four replications, in a 2x6+1 factorial scheme, that is, two types of soils, six application times (0, 20, 40, 60, 80 and 100 days after application - DAA) and a control. Used as doses of 100 and 1.400 g ha⁻¹, for indaziflam and amicarbazone, respectively. At each evaluation period, the cucumber (*Cucumis sativus* L.) was sown and the visual intoxication of the species was measured at 21 days after sowing. At 0, 20 and 40 DAA of amicarbazone, phytointoxication was 100% for both soils. It was observed at 100 DAA, ditostically reducing phytointoxication, close to 0%, in sandy soil (DT₅₀ @ 56 days) and 30% in clayey soil (DT₅₀ @ 59 days). Indaziflam provided 100% phytointoxication at all times. It was concluded that the indaziflam had greater residual activity than amicarbazone, regardless of the soil. Already, for the amicarbazone, the effect was higher on the clay texture.

1. Introdução

A eficácia de um herbicida em controlar plantas daninhas depende do comportamento de suas moléculas no solo, que é o destino final ou transitório do produto, independentemente do local de aplicação (INOUE et al., 2011; MANCUSO et al., 2011). Desse modo, as características físico-químicas do ambiente e do herbicida, bem como as condições edafoclimáticas e o sistema de cultivo adotado interferem na sua degradação (NIEKAMP; JOHNSON, 2001).

No decorrer de sua dissipação, os herbicidas podem deixar resíduos fitotóxicos à cultura sucessora, reduzindo a produtividade, em decorrência de seu efeito residual (HINZ, 2001). Este fenômeno é comumente denominado de *carryover* e designa o tempo em que um herbicida permanece ativo no solo (MENDES et al., 2017).

Dentre os herbicidas que apresentam residual, destacam-se o indaziflam e o amicarbazone, produtos relativamente novos e que fornecem controle efetivo de plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas (LEON et al., 2016). Logo, estudos têm sido conduzidos com o intuito de quantificar culturas sensíveis a esses produtos. Guerra et al. (2014a) descreveram que milho, milheto, sorgo, soja, girassol, algodão, beterraba e pepino foram sensíveis à semeadura em solo que recebeu aplicação de indaziflam. Ademais, a aplicação de amicarbazone promoveu controle superior a 90%, aos 70 dias após a aplicação, para o bioindicador pepino (CARVALHO et al., 2012).

O indaziflam foi introduzido em 2016 no Brasil e, apresenta registro apenas para as culturas da cana, citros e café (BRASIL, 2019). É um herbicida posicionado para aplicações em pré-emergência, pertencente ao grupo químico alkylazine, que atua na biossíntese da parede celular (BROSNAN et al., 2011; BRABHAM et al., 2014). Seu residual no solo é considerado longo, persistindo no sistema por mais tempo que outros herbicidas utilizado nesta modalidade a qual tem recomendação (KAAPRO; HALL, 2012). A durabilidade de seu controle residual aparentemente está relacionada à sua persistência no solo, com tempo de meia-vida maior que 150 dias (ALONSO et al., 2015; GUERRA et al., 2016a).

Já o amicarbazone, registrado para a cana-de-açúcar e o milho (BRASIL, 2019), age na reação de Hill (fotossistema II), paralisando a fixação de CO₂ e produção de ATP e NADPH₂ (PERIM et al., 2009). Apresenta maior potencial de lixiviação quando aplicado em solos arenosos do que em solos argilosos, devido à alta solubilidade de sua

molécula (POSSAMAI et al., 2013). Alonso et al. (2013) relataram que a semeadura da soja é inviabilizada por no mínimo 120 dias após aplicação de amicarbazone, independente da textura do solo.

A persistência e o efeito residual dos herbicidas no ambiente são mensurados, principalmente, por meio do método de bioensaio, que permite detectar os resíduos biologicamente ativos no solo (BLANCO et al., 2010). A estimativa é efetuada por análises visuais ou medições objetivas, como o percentual de germinação, peso dos órgãos da planta (PINTAR et al., 2017) e sintomas de fitointoxicação, que possibilitam identificar o tempo de meio-vida (D_{T50}) da dissipação do produto (MENDES et al., 2014).

Perante a relevância do uso de herbicidas e da escassez de estudos acerca do comportamento tanto de indaziflam quanto de amicarbazone em solos de Cerrado, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual do indaziflam e amicarbazone em solos com texturas contrastantes, por meio do método de bioensaio com pepino.

2. Material e Métodos

Dois bioensaios foram realizados em solos de texturas distintas, sendo um de textura argilosa, classificado como Latossolo Vermelho e retirado da área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (14°37'0" S e 57°29'09" N), e outro de textura arenosa, classificado como Neossolo Quartzarênico, oriundo da Fazenda Três Irmãos (14°39'42" S e 57°23'43" O). Ambos os locais estão situados no município de Tangará da Serra (MT) e apresentavam parcelas com dimensões de 3 x 4 m.

Adotou-se para cada experimento realizado com cada herbicida, o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 2x6+1, avaliando-se dois tipos de solo, seis épocas de aplicação (0, 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a aplicação – DAA) e, uma testemunha sem aplicação.

As aplicações de indaziflam (100 g ha⁻¹) e amicarbazone (1.400 g ha⁻¹) foram realizadas a 50 cm de altura do solo, com pulverizador costal à base de CO₂, munido de seis pontas do tipo XR110.02, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹ e pressão de trabalho de 300 kPa. Foram verificados ao longo do período do estudo, os dados meteorológicos de temperaturas máxima, mínima e precipitação, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e, que estão descritos na Figura 1.

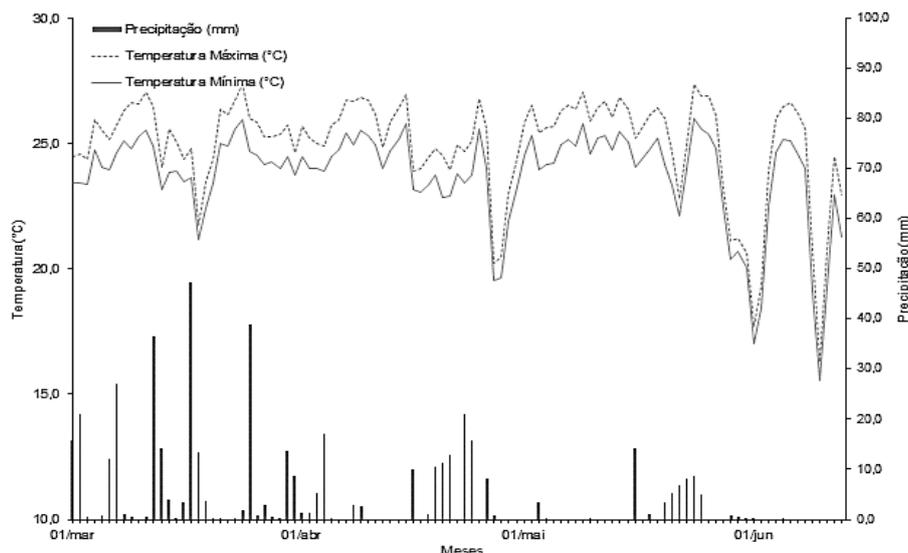


Figura 1. Temperatura máxima e mínima e precipitação do período dos bioensaios (março a junho de 2017). Fonte: INMET (2017).

Após a última aplicação, coletaram-se amostras de solo das camadas de 0-5 cm, que foram acondicionadas em vasos com capacidade de 1 dm³. Os atributos físico-químicos dos solos utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físico-químicos das amostras de solos utilizados nos experimentos. Tangará da Serra. 2017.

Solo	pH (H ₂ O)	Al ³ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ + Al ³⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	Ca ⁺²	K ⁺	P (mg dm ⁻³)
NQ ^{1/}	7,22	0,65	4,3	1,33	0,63	0,01	3
LV ^{2/}	6,09	0,15	4,2	3,67	1,98	0,38	4
Solo	MO (g dm ⁻³)	CTC (cmol _c dm ⁻³)	V (%)	Areia	Silte (%)	Argila	
NQ ^{1/}	24,20	6,45	64,46	76,3	0,30	23,4	
LV ^{2/}	10,34	8,64	31,26	23,3	13,7	63,0	

^{1/}NQ= Neossolo Quartzarênico (textura arenosa); ^{2/}LV = Latossolo Vermelho (textura argilosa). MO= Matéria Orgânica; CTC= Capacidade de Troca Catiônica; V= Saturação de Bases. Fonte: Padrão Análises, Tangará da Serra, MT.

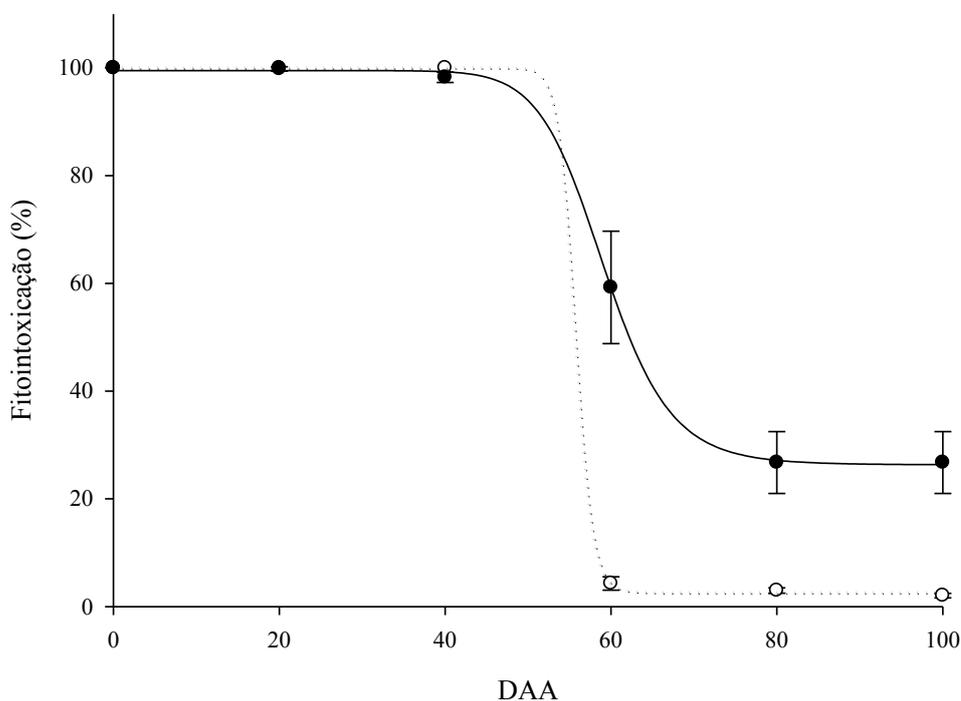
Nos dois bioensaios, 4 sementes do bioindicador pepino (*Cucumis sativus* L.) foram semeadas em cada vaso na profundidade de 2 a 3 cm. A fitointoxicação do *C. sativus* foi aferida visualmente aos 21 dias após a semeadura (DAS), adotando-se uma escala de notas variando de 0 (zero) a 100% (cem), onde 0 representa a ausência de sintoma nas plantas e 100 a morte total das mesmas (SBCPD, 1995).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e significância pelo teste F ($p < 0,01$ e $0,05$) e, quando significativos foram ajustados em equação de regressão ($p < 0,01$), utilizando-se o modelo log-logístico não-linear proposto por Seefeldt et al. (1995), como descrito na seguinte equação: $\hat{y} = a + (a - b)/(1 + (x/DT50)^{-c})$ (1). Em que: a e b = controle mínimo e máximo,

respectivamente, do bioindicador; c = declive da curva; DT₅₀ = tempo de meia-vida (dias) da dissipação do indaziflam e amicarbazone.

3. Resultados e Discussão

Constatou-se que houve interação significativa ($p < 0,01$) entre as texturas de solo e as épocas de aplicação de amicarbazone, quando analisada a fitointoxicação do bioindicador pepino (Figura 2). Nesse sentido, verificou-se que o modelo log-logístico não-linear foi ideal para apresentar tal dado, visto que o coeficiente de determinação (R^2) correspondeu a 0,99.



- arenoso: $y=2,52 + (99,93-2,52)/(1 + \text{abs}(x/55,70)^{53,67})$, DT50=55,70 dias, $R^2=0,99$ ($p<0,01$)
 ● argiloso: $y=26,32 + (99,49-26,32)/(1 + \text{abs}(x/59,18)^{14,80})$, DT50=59,18 dias, $R^2=0,99$ ($p<0,01$)

Figura 2. Fitointoxicação (%) do bioindicador pepino em relação ao controle nos solos de texturas argilosa e arenosa aos 21 dias após semeadura nas diferentes épocas (0, 20, 40, 60, 80 e 100 DAA) de aplicação do amicarbazone. Os símbolos representam os valores médios e as barras associadas a cada símbolo é o desvio padrão (\pm DP) da média ($n=4$).

Aos 0, 20 e 40 DAA, observou-se fitointoxicação de 100%, para ambos os solos. A partir dos 60 DAA, no solo de textura argilosa, a porcentagem de fitointoxicação decresceu, atingindo aos 100 DAA, aproximadamente 30%. No solo arenoso, aos 60 DAA houve redução drástica da fitointoxicação, próximo a 0% (Figura 2). Apesar da discrepância de resultados, o tempo de meia-vida do amicarbazone foi próximo para as duas texturas, sendo de 55,70 dias na arenosa e 59,18 dias na argilosa.

Carvalho et al. (2012), objetivando quantificar a atividade residual de amicarbazone em épocas de seca, observaram que aos 70 DAA (1.260 g ha^{-1}), houve controle superior a 90% do bioindicador pepino. Mendes et al. (2012) constataram que com 50% da dose recomendada (525 g ha^{-1}) de amicarbazone, pepino demonstrou excelente nível de controle (100%) em solo de textura argilosa com 43 g dm^{-3} de MO. Tais resultados divergem com os notados na presente pesquisa, já que o solo argiloso apresentou somente $10,34 \text{ g dm}^{-3}$ de MO (Tabela 1), explicando o decréscimo de fitointoxicação a partir dos 60 DAA.

A redução da fitointoxicação no solo de textura arenosa pode estar relacionada às precipitações que ocorreram no decurso do experimento, com acúmulo de 398,3 mm (Figura 1) e, que contribuíram para a lixiviação do amicarbazone no perfil do solo, diminuindo seu efeito residual e, conseqüentemente a porcentagem de fitointoxicação (ROSSI et al., 2005; POSSAMAI et al., 2013).

Ainda acerca da lixiviação do amicarbazone, Guerra et al. (2016b) ao avaliarem o potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cana-de-açúcar, notaram que o amicarbazone apresentou maior lixiviação no solo de textura franco argilo-arenosa (0-25 cm), quando simulada a precipitação de 30 mm, utilizando o bioindicador pepino (*C. sativus*).

Também houve interação significativa ($p<0,01$) entre os tipos de solo e as épocas de aplicação de indaziflam para a fitointoxicação do pepino (Figura 3). O bioindicador foi controlado de modo eficiente, com 100% de fitointoxicação em todos os períodos analisados.

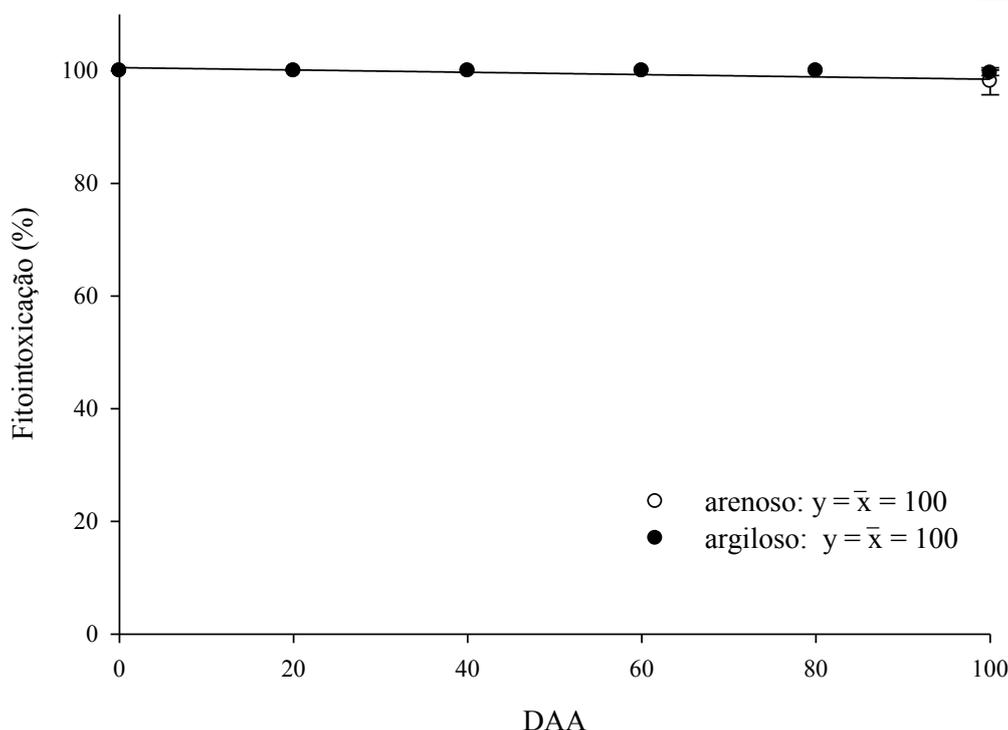


Figura 3. Fitointoxicação (%) do bioindicador pepino em relação ao controle nos solos de texturas argilosa e arenosa aos 21 dias após semeadura nas diferentes épocas (0, 20, 40, 60, 80 e 100 DAA) de aplicação do indaziflam. Os símbolos representam os valores médios e as barras associadas a cada símbolo é o desvio padrão (\pm DP) da média ($n=4$). A similaridade dos valores médios entre as texturas dos solos pode sobrepor os símbolos.

O indaziflam apresentou efeito residual, sendo constada a morte da bioindicadora em todas as épocas avaliadas. Esses resultados ratificam com os de Guerra et al. (2014b), que ao utilizarem a menor dose de indaziflam (20 g ha^{-1}), observaram que não houve emergência do pepino em solo de textura franco argilo-arenosa.

Sabe-se que o mecanismo de ação do indaziflam evita a formação de novas células da parede celular, que resulta no não desenvolvimento e crescimento das plantas, consequência do sistema radicular reduzido (MYERS et al., 2009; KAAPRO; HALL, 2012). Isso justifica a não emergência do pepino após a aplicação de indaziflam, para ambas as texturas (Figura 3).

As altas porcentagens de fitointoxicação visualizadas no pepino podem também estar relacionadas à baixa mobilidade desse herbicida no solo (ALONSO et al., 2015), bem como a longa meia-vida descrita na literatura estrangeira (GREY et al., 2018). Além disso, sua solubilidade em água é considerada baixa, sendo moderadamente a pouco móvel no solo (ALONSO et al., 2011; JHALA; SINGH, 2012; JHALA et al., 2012).

Amim et al. (2014) aferiram que a maior eficiência do indaziflam ocorreu em solo de textura franco argilo-arenosa, possivelmente pela maior biodisponibilidade do herbicida na solução do solo. Ainda segundo os autores supracitados, pelo fato do solo argiloso apresentar maior teor de argila, a lixiviação do indaziflam é dificultada, permanecendo disponível nas camadas superiores do solo e promovendo maior fitointoxicação. Dessa forma, no solo de textura argilosa da presente pesquisa, pode ter ocorrido elevada adsorção do herbicida devido ao alto teor de argila

(63,0%) (Tabela 1), já que o indaziflam tem pouca afinidade com a água, ligando-se, assim, à matéria orgânica e formando resíduo (ALONSO et al., 2011).

Guerra et al. (2016a) também observaram que não houve emergência de seus bioindicadores (beterraba e soja) em solos com aplicação de indaziflam. Nessa conjuntura, Guerra et al. (2016b) explicaram que a aplicação de indaziflam, sem simulação de precipitação, ocasionou a retenção da maior parte do produto nos 10 cm superficiais da coluna de solo. Quando submetido a 60 mm de precipitação, observou-se que este se concentrou nas camadas superficiais e apenas alguns resíduos foram detectados em profundidades superiores a 15 cm. No presente trabalho, notou-se que até os 100 DAA de indaziflam, o resíduo, apesar da precipitação acumulada (Figura 1), não diminuiu.

Isto posto, fica evidente a necessidade de compreender a dinâmica de tal herbicida em solos com distintas características, sobretudo, devido a existência de poucos estudos no Brasil, direcionados à essa premissa. É válido salientar que, em razão da longa atividade residual do indaziflam não foi possível mensurar o seu tempo de meia-vida. Portanto, é imprescindível que haja pesquisas visando quantificá-lo em solos de Cerrado.

4. Conclusões

O amicarbazone apresenta maior efeito residual em solos de textura argilosa, quando comparado à solos de textura arenosa. O indaziflam apresentou efeito residual

superior às épocas de aplicações avaliadas, independentemente da textura do solo avaliado.

Referências

- Alonso, D. G.; Koskinen, W. C.; Oliveira, R. S.; Constantin, J.; Mislankar, S. Sorption-desorption of indaziflam in selected agricultural soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 24, p.13096-13101, 2011.
- Alonso, D. G.; Oliveira Júnior, R. S.; Constantin J. Potencial de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal. In: Constantin, J.; Oliveira Júnior, R. S.; Oliveira Neto, A. M. (Ed.). **Buva: fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Omnipax, 2013. cap. 8, p. 91-104.
- Alonso, D. G.; Oliveira Júnior, 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. 239-240, p. 250-256, 2015.
- Amim, 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.; Batista Filho, A. Persistência do 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.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT - **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- Brosnan, J. T.; Mc Cullough, P. E.; Breeden, G. K. Smooth crabgrass control with indaziflam at various spring timings. **Weed Technology**, v. 25, n. 3, p. 363-366, 2011.
- Carvalho, S. J. P.; Dias, A. C. R.; Minamiguchi, M. H.; Nicolai, M.; Christoffoleti, P. J. Atividade residual de seis herbicidas aplicados ao solo em época seca. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 278-285, 2012.
- Grey, T. L.; Rucker, K.; Wells, L.; Luo, X. Response of young pecan trees to repeated applications of indaziflam and halosulfuron. **Hortscience**, v. 53, n. 3, p. 313-317, 2018.
- Guerra, N.; Oliveira Júnior, R. B.; Constantin, J.; 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. 285-95, 2014a.
- Guerra, N.; Oliveira Júnior, R. B.; Constantin, J.; Oliveira Neto, A. M.; Gamelli, A.; Pereira Júnior, D. M.; Guerra, A. Persistence of biological activity and leaching potential of herbicides aminocyclopyrachlor and indaziflam in soils with different textures. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 345-355, 2016a.
- Guerra, N.; Oliveira Júnior, R. B.; Constantin, J.; Oliveira Neto, A. M.; Gamelli, A.; Pereira Júnior, D. M.; Guerra, A. Potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1, p. 42-53, 2016b.
- Guerra, N.; Oliveira Neto, A. M.; Oliveira Júnior, R.S.; Constantin, J.; Takano, H. K. Sensibility of plant species to herbicides aminocyclopyrachlor and indaziflam. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 609-617, 2014b.
- Hinz, C. Description of sorption data with isotherm equations. **Geoderma**, v. 99, n. 3-4, p. 225-243, 2001.
- Inoue, M. H.; Santana, C. T. C.; Oliveira Júnior, R. S.; Possamai, A. C. S; Santana, D. C.; Arruda, R. A. D. et al. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2011.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Sistema de Informações Hidro-Meteorológicas (SIM)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/contato>>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- Jhala, A. J.; Ramirez, A. H.; Singh, M. Leaching of indaziflam applied at two rates under different rainfall situations in Florida dandler soil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 88, n. 3, p. 326-332, 2012.
- Jhala, A. J.; Singh, M. Leaching of indaziflam compared with residual herbicides commonly used in Florida citrus. **Weed Technology**, v. 26, n. 3, p. 602-607, 2012.
- Kaapro, J.; Hall, J. Indaziflam – a new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v. 18, p. 267-270, 2012. Special Issue.
- Leon, R. G.; Unruh, J. B.; Brecke, B. J. Relative lateral movement in surface soil of amicarbazone and indaziflam compared with other preemergence herbicides for turfgrass. **Weed Technology**, v. 30, n. 1, p.229-237, 2016.
- Mancuso, M. A. C.; Negrisoni, E.; Perim, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“*Carryover*”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.
- Mendes, K.F.; Dias, R.C.; Reis, M. R. **Carryover e persistência de herbicidas em solos**. Boletim Técnico,

Viçosa: SBCPD Comitê de Qualidade Ambiental, 2017. 11 p.

Mendes, K. F.; Reis, M. R.; Matos, A. K. A.; Inoue, M. H.; Dias, R. C.; Ronchi, C. P. Leaching and residual effects of oxadiazon as a function of the movement of water depth application and incorporation of soil organic matter. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 12, n. 2, p. 855-860, 2014.

Mendes, K. F., Inoue, M. H., Matos, A. K. A., Possamai, A. C. S., Tschope, M. C., Goulart, B. F., Ben, R. Seleção de bioindicadores para monitoramento da mobilidade e persistência de herbicidas aplicados no solo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 213-221, 2012.

Myers, D. F.; Hanrahan, R.; Michel, J.; Monke, B.; Mudge, L.; Olsen, C. et al. Indaziflam/BCS AA170717- A new herbicide for preemergent control of grasses and broadleaves in turf and ornamentals. **Southern Weed Science Society**, v. 62, p. 393, 2009.

Niekamp, J. W.; Johnson, W. G. Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no tillage soybean (*Glycine max*). **Crop Protection**, v. 20, n. 3, p. 215-220, 2001.

Perim, L.; Toledo, R. E. B.; Negrisoli, E.; Corrêa, M. C. Carbonari, C. A.; Rossi, C. V. S.; Velini, E. D. Eficácia do herbicida amicarbazono no controle em pós-emergência de espécies de corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia* e *Merremia cissoids*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 1, p. 19-26, 2009.

Pintar, A.; Ostojić, Z.; Barić, K. Bioassay methods for detecting herbicide residues in soil. **Glasiló biljne zaštite**, v. 17, n. 4, p. 369-377, 2017.

Possamai, A. C. S.; Inoue, M. H.; Mendes, K. F.; Santana, D. C.; Ben, R.; Santos, E. G. Leaching potential and residual effect of amicarbazono in soils of contrasting texture. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2203-2210, 2013.

Rossi, C. V. S.; Alves, P. L. C. A.; Marques Junior, J. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e em Chernossolo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 701-710, 2005.

Seefeldt, S. S.; Jensen, S. E.; Fuerst, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, v. 9, n. 2, p. 218-27, 1995.

Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.