

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

**POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DE INDAZIFLAM E ISOXAFLUTOL,
ISOLADOS OU EM MISTURA EM DOIS TIPOS DE SOLOS**

LUCAS ZANETTI DE SOUZA

JABOTICABAL – SP

1º Semestre/2023

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

**POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DE INDAZIFLAM E ISOXAFLUTOL,
ISOLADOS OU EM MISTURA EM DOIS TIPOS DE SOLOS**

LUCAS ZANETTI DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis C. A. Alves

Co-orientador: Dr. Thiago Souza Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrária e Veterinárias – Unesp, Câmpus
de Jaboticabal, como parte das
exigências para graduação em
Engenharia Agrônômica.

JABOTICABAL – SP

1º Semestre/2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S729p	Souza, Lucas Zanetti de Potencial de lixiviação do Indaziflam e Isonaftol, isolados e em mistura em dois tipos de solo / Lucas Zanetti de Souza. -- Jaboticabal, 2023 42 p. : tabs. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Pedro Luis da Costa Aguiar Alves Coorientadora: Thiago Souza Oliveira 1. Sorção. 2. Herbicidas. 3. Solos Movimento de herbicidas. 4. Solos Lixiviação. 5. Lixiviação por percolação. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(s).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA CÂMPUS DE JABOTICABAL Departamento: Biologia CERTIFICADO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	
TÍTULO: Potencial de lixiviação do Indaziflam e Isoxaflutole, isolados e em mistura em dois tipos de solo		
ACADÊMICO: Lucas Zanetti de Souza		
CURSO: Engenharia Agrônômica		
ORIENTADOR: Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves		
COORDENADOR: Dr. Thiago Souza Oliveira		
PERÍODO: fevereiro/2022 a junho/2023		
Este trabalho é recomendado para compor a base de dados REPOSITÓRIO. ☒ Sim ☐ Não		
BANCA EXAMINADORA:		
(Nomes)	(Assinaturas)	
Presidente: Dr. Thiago Souza Oliveira		
Membro: Me. Heytor Lemos Martins		
Membro: Dr. Marcos Antonio Kuva		
Jaboticabal: 05 / 07 / 2023		
Aprovado em reunião do Conselho Departamental em: 10/07/2023		
 Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto Chefe do Departamento de Biologia		

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu avô Milton Zanetti (*in memoriam*) que me apresentou o mundo rural e me motivou a tornar-me engenheiro agrônomo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, primeiramente, por tudo que sou e tudo que irei me tornar.
À N. S. Aparecida, a quem sou devoto.

Aos meus pais Cezar Arcangelo Gallo de Souza e Debora Aparecida Zanetti de Souza, ao privilégio da vida, e as lutas que enfrentei e as conquistas que alcancei.

Ao meu irmão Matheus Zanetti de Souza por todo companheirismo e amizade.

Aos meus avós Milton Zanetti (*in memoriam*) e Maria Aparecida Batalha Zanetti, que me apresentaram o mundo rural e tudo que engloba a agricultura.

À minha namorada, Hemanoelli da Silva Baldassi, que sempre me deu total apoio em todas as questões da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Luis C. A. Alves, por me proporcionar o estágio dentro do LAPDA e por todo conhecimento adquirido na parte de plantas daninhas e herbicidas.

Ao professor Dr. Thiago Souza pela grande contribuição na construção da redação deste trabalho, assim como conselhos, ensinamentos durante este período.

Aos meus amigos da República Caipirada, Iago Delamain Longo, Angelo Pinelli, Gabriel de Souza Valim Faccio, Pedro Gabriel da Silva Loureiro, José Davi Fillipi, André Hilf, Gabriel Fonseca Garcia de Paula, Pedro Ferreira Scavitti, João Victor Camargo Ambrósio, Matheus dos Santos Mendonça, Guilherme Alves da Rosa, Guilherme Padilha, Henrique Moreira e Henrique Nagata, por todos os anos de amizade parceria e histórias vividas junto.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Cultura da cana-de-açúcar e sua produção no Brasil	13
2.2 Plantas daninhas associadas a cultura	13
2.2.1 Capim-braquiária (<i>Urochloa decumbens</i>)	15
2.2.2 Capim-colonião (<i>Panicum maximum</i>)	16
2.3 Herbicidas na cana-de-açúcar	16
2.3.1 Herbicidas Pré-Emergentes	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
4. RESULTADOS	24
4.1 Capim-braquiária	24
4.2 Capim-colonião.....	28
5. DISCUSSÃO	33
6. CONCLUSÕES	37
7. REFERÊNCIAS	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas dos solos utilizados para o preenchimento dos tubos de PVC.....	21
Tabela 2. Análise física dos solos utilizados para o preenchimento dos tubos de PVC.....	22
Tabela 3. Descrição dos herbicidas utilizados.....	22
Tabela 4. Número de plântulas de capim-braquiária emergidas em dois tipos de solo, sete dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.....	25
Tabela 5. Fitotoxicidade de Indaziflam, Isoxaflutol +Indaziflam e Isoxaflutol em capim-braquiária emergidas em dois tipos de solo, 7 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.....	27
Tabela 6. Avaliação do número de plântulas de colônio, em dois tipos de solo após 7 dias.....	29
Tabela 7. Fitotoxicidade de Indaziflam, Isoxaflutol +Indaziflam e Isoxaflutol em capim-colônio emergidas em dois tipos de solo, 7 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.....	30
Tabela 8. Massa seca de plântulas de capim-braquiária e de capim colônio emergidas em dois tipos de solo, 14 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.....	32

FIGURAS

- Figura 1.** Emergência de plântulas de capim-braquiária em solos argiloso e arenoso, sete dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.....24
- Figura 2.** Fitotoxicidade em plântulas de capim-braquiária em solos argiloso e arenoso, 7 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.....26
- Figura 3.** Emergência de plântulas de capim-colonião em solos argiloso e arenoso, sete dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.....28
- Figura 4.** Avaliação de fitotoxicidade de Indaziflam, Isoxaflutol +Indaziflam e Isoxaflutol sobre Colonião com 7 dias de avaliação.....31

RESUMO

POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DE INDAZIFLAM E ISOXAFLUTOL, ISOLADOS OU EM MISTURA EM DOIS TIPOS DE SOLOS

Dentre os fatores que comprometem a produção de cana-de-açúcar, pode-se destacar a interferência das plantas daninhas, sendo o controle químico o principal método empregado nos canaviais, utilizando herbicidas em pré e pós-emergência, cuja eficácia vai depender de vários fatores inerentes às espécies de plantas daninhas e às condições do meio. Diante disso, objetivou-se avaliar a lixiviação do indaziflam e isoxaflutol, isolados e em mistura, em solo arenoso e argiloso e sua eficácia no controle de *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *Panicum maximum* (capim-colonião). Um experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Plantas Daninhas. Como recipientes foram utilizados tubos de PVC com 100 mm de diâmetro x 40 cm de altura, sendo 20 preenchidos com solo argiloso e 20 com arenoso. Em seguida, foram aplicados os herbicidas indaziflam ($0,75 \text{ L ha}^{-1}$), isoxaflutol ($0,25 \text{ kg ha}^{-1}$) e a mistura indaziflam + isoxaflutol ($0,15 \text{ L ha}^{-1}$) na parte aberta superior dos tubos, utilizando um pulverizador costal pressurizado, com consumo de calda equivalente a 200 L ha^{-1} . Na sequência, os tubos foram colocados na posição horizontal, abertos longitudinalmente, e semeados o capim-braquiária e capim-colonião em linhas perpendiculares ao comprimento do tubo, distanciadas entre si a 5 cm, sendo cada espécie semeada em uma metade do tubo. Para cada espécie, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2×4 , em 5 repetições, no qual constituíram os fatores os dois tipos de solos (argiloso e arenoso) submetidos aos três herbicidas e sem aplicação, totalizando 40 parcelas experimentais. Aos 3, 7 e 14 dias após a semeadura, foram feitas contagens das plântulas emergidas de capim-braquiária e capim-colonião e aos 7 e 14 dias após a semeadura foram atribuídas notas visuais de fitotoxicidade. O indaziflam, o isoxaflutol e a mistura indaziflam+isoxaflutol tiveram alta taxa de lixiviação no solo arenoso, e no solo argiloso a lixiviação ficou restrita até os primeiros 15 centímetros. A melhor eficácia no controle de braquiária e colonião foi a mistura indaziflam+isoxaflutol e o isoxaflutol no solo argiloso, enquanto o indaziflam, a mistura indaziflam+isoxaflutol, e o isoxaflutol no solo arenoso.

Palavras-chave: Alion; Provence Total; Provence 750 WG, Sorção.

ABSTRACT

LEACHING POTENTIAL OF INDAZIFLAM AND ISOXAFLUTOL, ALONE OR IN MIXTURE IN TWO TYPES OF SOILS

Brazil has the largest area cultivated with sugarcane, approximately 8,288 thousand hectares are cultivated in Brazilian territory. Among the factors that compromise sugarcane production, weed interference can be highlighted, with chemical control is the main method of control in sugarcane fields, using herbicides in pre and post-emergence herbicides. In view of this, the objective was to evaluate the leaching of indaziflam and Isoxaflutol isolated and in mixture in sandy and clayey soils and their effectiveness in *Urochloa decumbens* (signal grass) and *Panicum maximum* (signal grass). An experiment was conducted in a greenhouse at the Laboratório de Plantas Daninhas, PVC tubes with 100 mm in diameter x 40 cm in height were used with containers, 20 filled with clayey soil and 20 with sandy soil. Then, the herbicides indaziflam (0.75 L ha^{-1}), isoxaflutole (0.25 kg ha^{-1}) and the mixture indaziflam + isoxaflutole (0.15 L ha^{-1}) were applied to the upper open part of the tubes, using a pressurized knapsack sprayer, with spray consumption equivalent to 200 L ha^{-1} . Next, the tubes were placed in a horizontal position, opened lengthwise, and the signal grass and guinea grass were sown in lines perpendicular to the length of the tube, spaced 5 cm apart, with each species sown in one half of the tube. For each species, the experimental design was completely randomized, with the treatments arranged in a 2x4 factorial scheme, in 5 repetitions, in which the two types of soils (clayey and sandy) submitted to the three herbicides and without application constituted the factors, totaling 40 experimental plots (PVC tubes). At 3, 7 and 14 days after sowing, counts were made of the emerged seedlings of signal grass and guinea grass and at 7 and 14 days after sowing, visual phytotoxicity scores were assigned. Indaziflam, isoxaflutole and the indaziflam+isoxaflutole mixture had a high leaching rate in sandy soil, and in clayey soil leaching was restricted to the first 15 centimeters. The mixture of indaziflam+isoxaflutole and isoxaflutol in clayey soil had the best efficacy in controlling signal grass and guinea grass, while indaziflam, the mixture of indaziflam+isoxaflutole, and isoxaflutole in sandy soil.

Key words: Alion; Provence Total; Provence 750 WG; Sorption.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior área cultivada com cana-de-açúcar no mundo, sendo que em território brasileiro são cultivados aproximadamente 8.288 mil de hectares, que produziram 610,1 milhões de toneladas na safra 2022/23. O cultivo está distribuído nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Mato Grosso do Sul, Alagoas e Pernambuco, sendo o Estado de São Paulo responsável por 4,1 mil de hectares e produtividade média de 75.436 kg.ha (CONAB, 2023).

Dentre os fatores que comprometem a produção de cana de açúcar pode-se destacar as plantas daninhas, que promovem interferências negativas, desde a competição por água, oxigênio, luz, gás carbônico e nutrientes no solo até a liberação de substâncias alelopáticas, além de servirem de hospedeiro para pragas e doenças que podem prejudicar o desenvolvimento do cultivo (KUVA et al., 2003).

No que se refere às regiões produtoras de cana no Brasil, destaca-se que existem cerca de 1000 espécies de plantas daninhas, as quais estão divididas em plantas de ciclo anual e plantas de ciclo perene. Dentro desse grupo pode-se destacar duas espécies: *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *Panicum maximum* (capim-colonião) como principais infestantes (AZANIA et al., 2010).

Nos canaviais, o controle químico é a principal forma de manejo das plantas daninhas, sendo utilizados herbicidas em pré e pós-emergência (ROSSI, 2004). Na escolha do herbicida alguns aspectos devem ser técnicos e econômicos, como a análise da eficiência, seletividade, efeito residual, período de aplicação (janela), espectro de controle e custo. O uso de herbicidas aplicados em pré-emergência tem sido muito frequente na cultura, já que permitem reduzir a competição das plantas daninhas, principalmente no início do desenvolvimento da cana-de-açúcar (KUVA et al., 2000). Dentre os ingredientes ativos que são utilizados, pode-se destacar o indaziflam e o isoxaflutol que são recomendados para a cultura da cana-de-açúcar.

Diante do exposto o objetivo foi o de avaliar a lixiviação do indaziflam e o isoxaflutol, isolados e em mistura em solos arenoso e argiloso, e sua eficácia no controle de *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *Panicum maximum* (capim-colonião).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da cana-de-açúcar e sua produção no Brasil

O cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) no Brasil teve início aproximadamente em 1550, estabelecidas principalmente nas regiões Centro Sul e Nordeste (FERREIRA et al., 2010). No entanto, foi apenas em 1975, com a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) que a cultura passou a receber grandes investimentos no setor, iniciando uma grande expansão para outros estados (ANDRADE et al., 2009). Com a expansão por meio do “Proálcool”, a economia brasileira obteve um crescimento amplo através do processo de produção e fornecimento de matéria prima como: etanol, açúcar, produtos e subprodutos da cultura, que são matérias primas para diversos setores (RODRIGUES et al., 2011).

Atualmente, o setor canavieiro tem grande importância na economia brasileira e destaque na produção de energia renovável. Além disso, com a proibição da queimada, a palhada da cana-de-açúcar também se tornou uma opção de fonte de energia (SANTOS et al., 2014). O Brasil possui a maior área cultivada com cana-de-açúcar no mundo, cerca de 8.288 mil hectares, que foram responsáveis pela produção de 610,1 milhões de toneladas na safra 2022/23, distribuídos principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Mato Grosso do Sul, Alagoas e Pernambuco, sendo o Estado de São Paulo responsável por 4,1 milhões de hectares e produtividade média de 75.436 kg/ha (CONAB, 2023). No cenário nacional de produção, o Estado de São Paulo se destaca como o principal produtor da cultura de cana-de-açúcar, pois mantém aproximadamente 60% das usinas brasileiras no setor. (CONAB, 2023).

2.2 Plantas daninhas associadas a cultura

De maneira geral planta daninha é considerada como qualquer vegetal que se desenvolve em local indesejado. Dentro desse conceito também devem ser enquadradas a tiguera de culturas que vegetam espontaneamente em lavouras subsequentes a estas (LORENZI et al., 2014). Outro ponto importante que deve ser observado é o termo interferência, que se refere ao conjunto de ações que recebe uma determinada cultura ou atividade do homem em decorrência da presença de plantas daninhas num determinado ambiente

(PITELLI, 1987). Em meio ao sistema produtivo, as plantas daninhas precisam dos mesmos componentes exigidos pela cultura, como, água, luz, nutrientes e espaço, e nesse contexto acabam estabelecendo um processo competitivo quando plantas daninhas e plantas cultivadas se desenvolvem no mesmo local (VASCONCELOS et al., 2012). No Brasil, estima-se que as perdas ocasionadas às culturas agrícolas pela interferência destas plantas sejam em torno de 20 a 30% (LORENZI et al., 2014).

No cultivo de cana-de-açúcar, as plantas daninhas promovem interferências negativas, desde a competição por água, oxigênio, luz, gás carbônico e nutrientes no solo até a liberação de substâncias alelopáticas, além de servirem de hospedeiro para pragas e doenças que podem prejudicar o desenvolvimento do cultivo. No setor canavieiro, a incidência de plantas daninhas se destaca como um dos principais fatores bióticos que podem causar perdas significativas na produtividade, qualidade da cana colhida e na longevidade do canavial (KUVA et al., 2003).

A interferência de plantas daninhas em cultivos depende de inúmeros fatores interrelacionados, como a densidade de ocorrência, o ciclo de vida, a fenologia e os aspectos alelopáticos das espécies presentes na área. (VICTORIA FILHO et al., 2001). Em relação a cultivo de cana-de-açúcar, fatores fitotécnicos, como o espaçamento, densidade de plantio, variedade, época de plantio e a adubação influenciam no grau de interferência na cultura. Portanto, na cultura da cana-de-açúcar, as plantas daninhas irão interferir no plantio, assim como na soqueira, e na colheita (VICTORIA FILHO et al., 2001).

O grau de interferência normalmente é avaliado de acordo com a produção da cultura, sejam grãos, tubérculos, folhas, fibras, madeira, frutos ou qualquer estrutura que é comercializada (MONQUERO et al., 2014). A interferência promovida pelas plantas daninhas reduz o potencial da planta crescer e ser produtiva (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). Em relação ao período de interferência, de maneira geral, quanto maior o tempo de convivência, maior poderá ser o grau de interferência e, além disso, a época e a extensão do período de convivência são uns dos principais fatores que afetam o grau de interferência entre culturas e plantas daninhas (CARVALHO, 2013).

O tempo de exposição aliado com a densidade da planta daninha, podem promover perdas significativas. Giraldele et al. (2018) observaram na cultura da cana-de-açúcar que a presença de plantas daninhas com densidade estimada de 280 plantas/m² em 60 dias após o plantio influenciou na altura, número de folhas e área da folha do leme principal da cultura. A convivência da cana-de-açúcar com plantas daninhas durante 229 dias após o cultivo e adubação e início de brotação correspondeu a uma redução de 46% na produtividade (SILVA et al., 2009). Diante disso, o aumento da competição das plantas daninhas com a cana-de-açúcar reduz de maneira linear o rendimento da cultura quanto aos parâmetros de produtividade (TAKIM et al. 2014).

No que se refere às regiões produtoras de cana no Brasil, destaca-se que existem cerca de 1000 espécies de plantas daninhas, as quais estão divididas em plantas de ciclo anual e as de ciclo perene. Quanto às de ciclo anual, destacam-se as espécies: *Urochloa plantaginea* (capim-marmelada), *Digitaria horizontalis* (capim-colchão), *Cenchrus echinatus* (capim-carrapicho), *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha), *Ipomoea* spp. (cordas-de-viola), *Amaranthus* spp. (carurus). Já as de ciclo perene têm-se: *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) *Cynodon dactylon* (grama-seda), *Cyperus rotundus* (tiririca), *Sida* spp. (guanxumas) e *Panicum maximum* (capim-colonião) (AZANIA et al., 2010).

2.2.1 Capim-braquiária (*Urochloa decumbens*)

O capim-braquiária (*U. decumbens*) é de origem africana, onde predominam chuvas acima de 800 mm anuais e locais de pouca vegetação. Sua introdução no Brasil ocorreu pela região da Amazônia e, posteriormente, expandiu-se para todas as regiões Brasil. De maneira geral, a espécie *U. decumbens* (syn. *Brachiaria decumbens*) se desenvolve em solos de baixa a média fertilidade e possui crescimento reduzido com a diminuição da temperatura e são plantas sensíveis a geadas.

A espécie tem se destacado pela tolerância à deficiência hídrica e absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo, desenvolvendo-se em condições em que a maioria das culturas não se desenvolveriam, garantindo-as como fortes competidoras com outras culturas (OLIVEIRA et al., 2015).

Outro ponto importante relacionado ao capim-braquiária, é que as sementes apresentam grau de dormência, podendo resultar em problemas com seu banco de semente; essa planta daninha também tem se mostrado uma grande competidora na cultura da cana-de-açúcar (GALON et al., 2011)

2.2.2 Capim-colonião (*Panicum maximum*)

O capim-colonião (*P. maximum*) é uma planta perene que pertence à família Poaceae, possui forma entouceirada e sua origem é africana. É utilizada como planta forrageira na alimentação bovina, mas também possui grande importância como infestante em culturas de interesse agrícola. Possui boa adaptação a clima quente e úmido. Entretanto, com o aumento de temperatura decorrente das mudanças climáticas, vem se tornando uma planta preocupante no nível de infestação e disseminação (PEZZOPANE et al., 2016).

O capim-colonião responde significativamente à fertilidade do solo, sendo o nitrogênio o nutriente mais requerido pela planta, participando ativamente nos processos de crescimento, perfilhamento e produção de folhas (FREITAS et al., 2005). Na cana-de-açúcar, pode ser responsável por uma redução de 40% na produtividade da cultura, quando não há controle da planta daninha durante o período de emergência e corte da cana-de-açúcar, (KUVA et al., 2003).

2.3 Herbicidas na cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar proporcionou diversas mudanças no seu manejo cultural. Segundo Tofoli et al. (2009), com a lei da proibição da queima na colheita da cana-de-açúcar e, com o advento da colheita mecanizada, formam-se resíduos pós-colheita na camada do solo de palhada de até 20 toneladas por hectare. Importante ressaltar que o sistema de colheita mecanizada passou a ser adotado e proporcionou alguns benefícios, como: diminuição da erosão nas áreas de cultivo; aumento da umidade do solo; incremento de matéria orgânica; aumento da atividade microbiana; melhoria das propriedades físicas e químicas do solo e ocasionando uma diminuição da infestação de plantas daninhas. Com essa nova adoção do sistema de colheita na cana-de-açúcar, as técnicas de manejo tiveram de ser modificadas, como, por

exemplo, as quantidades de palha deixadas sobre o solo, o que influencia diretamente no manejo de plantas daninhas (VELINI; NEGRISOLI, 2000).

Neste contexto, para o manejo dessas plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar utiliza-se principalmente métodos de controle cultural, mecânico e químico. Em relação ao método cultural, principalmente o uso de técnicas de sombreamento do solo, é realizado através do uso de variedades vigorosas com crescimento rápido (ROSSETTO; SANTIAGO, 2018). Outro método empregado é o recobrimento do solo através da palhada, porque ela dificulta a emergência das plantas daninhas, pois reduz a penetração de luz no solo (SILVA et al., 2003). Apesar dos exemplos citados o método de maior eficiência para manejo em grandes áreas de cana-de-açúcar é o controle químico (SABBAG, 2015).

Nos canaviais, o controle químico é o principal método de controle de plantas daninhas, sendo utilizados, herbicidas em pré e pós-emergência (ROSSI, 2004). Inserido no conceito de controle químico, existem no Brasil 566 marcas comerciais de herbicidas registrados para uso na cultura da cana-de-açúcar (AGROFIT, 2023).

No momento da escolha de um herbicida, alguns aspectos devem ser técnicos e econômicos, com a análise da eficiência, seletividade, efeito residual, período de aplicação (janela), espectro de controle e custo. Além disso, deve ser observada a modalidade de cultivo: cana planta, cana planta de ano e meio e cana soca; a época de aplicação (úmida ou seca) e as características climáticas e do solo (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

A seletividade é um fator que deve ser levado em consideração na escolha de um herbicida para cana-de-açúcar para o sucesso na atividade (KUVA, 2003). A seletividade é a capacidade do herbicida de eliminar determinadas plantas daninhas e não causar danos (fitotoxicidade) no cultivo de interesse (CARVALHO, 2013).

2.3.1 Herbicidas Pré-Emergentes

O uso de herbicidas aplicados em pré-emergência tem sido muito realizado na cultura, já que permite reduzir a competição das plantas daninhas, principalmente no início do desenvolvimento da cana-de-açúcar (KUVA et al., 2000). Porém, a palhada presente na superfície do solo intercepta uma

quantidade considerável de herbicida aplicado em condições de pré-emergência, o qual não atinge o solo (KUVA et al., 2000).

O herbicida aplicado em pré-emergência no ambiente apresenta interações com o solo e os resíduos vegetais, e são governadas por fatores químicos, físicos e biológicos. Diante disso, os fatores que influenciam a atividade e estabilidade dos herbicidas no solo e/ou na palhada são importantes e, através disso, é que se pode explicar o sucesso ou o fracasso no controle de plantas daninhas, a tolerância das culturas e a persistência dos mesmos no ambiente (HURLE; WACKER, 1980).

Os herbicidas aplicados em pré-emergência podem sofrer processos de sorção, dessorção, lixiviação e/ou degradação, além de serem absorvidos pelas plantas daninhas e/ou plantas cultivadas (VELINI, 1992). A adsorção é um processo englobado na sorção, que determina a quantidade de herbicida biodisponível na solução do solo para absorção pelas plantas, degradação e transporte. Já a dessorção determina a reversibilidade do processo de adsorção e, conseqüentemente, o período residual desses produtos no ambiente (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

A lixiviação é principal forma de transporte no solo das moléculas herbicidas não voláteis e solúveis em água. Essas moléculas se deslocam no perfil do solo, acompanhando o fluxo de água, o qual é governado pela diferença de potencial de água entre dois pontos (SILVA, 2018).

2.3.1.1 Uso de indaziflam em cana-de-açúcar

O indaziflam é um ingrediente ativo com efeito herbicida, cujo mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de celulose, pertencente à classe química "alkylazine" (TOMPKINS, 2010). O indaziflam é o primeiro herbicida do grupo químico registrado para uso no Brasil (AGROFIT, 2023). O requerimento de registro do produto foi realizado em 2010 (BRASIL, 2010), obtendo aprovação em 2016 no País para uso em cultivo de cana-de-açúcar, café e citros, registrado comercialmente como Alion[®], com doses recomendadas de 150 a 200 mL p.c. ha⁻¹ (75 e 100 g i.a. ha⁻¹) (BAYER, 2012).

Suas características físico-químicas são baixa solubilidade em água (0,0028 kg m⁻³ a 20 C), com K_{oc} < 1.000 mL g⁻¹ de carbono orgânico, pK_a = 3,5 e

$\log K_{ow}$ em pH 4, 7 ou 9 = 2,8 sendo esse herbicida considerado moderadamente a móvel (TOMPKINS, 2010) ou a pouco móvel no solo (ALONSO et al., 2011; JHALA et al., 2012). Quanto menor a solubilidade em água do herbicida, maior será a afinidade da molécula pela matéria orgânica do solo, principal sítio de sorção de produtos pouco solúveis em água, devido à sua alta CTC e característica lipofílica (KAWAMOTO; URANO, 1989). Esses herbicidas também podem ser adsorvidos pelos colóides de argila (VIVIAN et al., 2007; ROCHA et al., 2013).

É caracterizado pelo seu elevado período residual no solo, de aproximadamente 150 dias, o que permite maior amplitude da época de aplicação, diferenciando-o dos demais herbicidas para aplicação em pré-emergência (KAAPRO; HALL, 2012). O mecanismo de ação do herbicida afeta a formação da parede celular inibindo a deposição de cristais, assim o herbicida afeta o desenvolvimento de novas folhas, enquanto as que já estão desenvolvidas dificilmente serão influenciadas (GUERRA et al., 2013).

O Ingrediente ativo citado apresenta seletividade principalmente às culturas semi-perenes e perenes, sendo pouco seletivo para culturas anuais. A aplicação em milho, milheto, sorgo, girassol, algodão, indicou que estas espécies foram sensíveis à semeadura em solo onde houve aplicação de indaziflam, não ocorrendo a emergência das plântulas (GUERRA et al., 2013).

2.3.1.2 Uso de isoxaflutol em cana-de-açúcar

O Isoxaflutol é registrado no Brasil (MAPA) com o nome comercial de Provence 750 WG, para controle de plantas daninhas mono (principalmente) e algumas eudicotiledôneas (DICK et al., 2010). A formulação comercial do ingrediente é de granulado dispersível, na concentração de 750 g/kg. Pertence ao grupo químico dos benzoilisoaxazoles, com classe toxicológica III (mediamente tóxico). Suas características físico-química são pressão de vapor de $3,2 \times 10^{-7}$ Pa (20°C) e 1×10^{-6} Pa (25°C), solubilidade de 6,8 mg/L de água (pH 5) e 6,2 mg/L em pH 5,5, o seu pKa é não ionizável (INOUE et al., 2010).

É absorvido predominante pelo meristema apical das plântulas e nas raízes e colo das plantas, sendo recomendado para aplicações em pré-emergência em cana planta e soca. O mecanismo de ação é a inibição da

biossíntese de caroteno, e o principal sintoma nas plantas daninhas suscetíveis é a ocorrência de um “branqueamento” dos tecidos fotossintéticos (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Para o Isoxaflutol o seu metabólito diketonitrila é que possui ação herbicida. O Isoxaflutol é adsorvido pelos colóides do solo e tem baixa mobilidade na maioria dos solos, mas moderada nos arenosos e/ou com baixo teor de matéria orgânica (CAVALIERI et al., 2008). A degradação do isoxaflutol é principalmente microbiana e em condições adversas ocorre também a decomposição química; não se tem informação sobre a fotodecomposição e a volatilização ($7,5 \times 10^{-9}$ mm Hg a 25 °C) é insignificante. A meia-vida é de 20 a 38 dias, dependendo do tipo e condições climáticas e do solo. Possui considerável estabilidade, o que permite ser aplicado em períodos secos, dependendo da dose utilizada, e pode se aguardar mais de 60 dias até o início das chuvas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA), na FCAV/UNESP – Jaboticabal-SP, no período de 03 de agosto de 2020 a 28 de agosto de 2020.

Como recipientes foram utilizados tubos de PVC com 100 mm de diâmetro x 40 cm de altura. Os tubos foram cortados longitudinalmente ao meio e novamente fechados por fita adesiva e tampados no fundo com tampas de madeira compensada perfurada. Na sequência, os tubos foram totalmente preenchidos com o respectivo substrato, deixando uma das extremidades abertas para a aplicação dos herbicidas e para irrigação.

Os substratos consistiram de dois tipos de solos, um argiloso e outro arenoso, ambos extraídos da camada arável (0-20 cm) de áreas em Jaboticabal e Taquaral, respectivamente, cujos históricos não constam a aplicação de herbicidas nos últimos 5 anos. Foram preenchidos 20 tubos com solo argiloso e 20 tubos com solo arenoso, totalizando 40 tubos em cada experimento. Para o preenchimento, os solos foram previamente peneirados em tamis de 5 mm de abertura e uma amostra de cada foi submetida às análises química e física de rotina, cujos resultados encontram-se nas Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas dos solos utilizados para o preenchimento dos tubos de PVC.

	pH	M.O.	P	S	Ca	Mg	Na	K	Al	H+Al	Soma Bases	CTC	Sat.	Sat.
Grid	CaCl ₂	g dm ⁻³	-mg dm ⁻³							SMP	S.B.		Bases	Al
										mmol _c dm ⁻³			V%	m%
ARGILOSO	5,6	20	16	10	24	13	ns	0,8	0	25	38,1	62,8	61	0
ARENOSO	6,5	8	12	8	16	3	ns	3,8	0	9	22,7	31,8	72	0
Grid	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco					
											mg dm ⁻³			
ARGILOSO	0,31		0,6		11		9,7		2,2					
ARENOSO	0,22		0,2		8		2,0		0,1					

Após o preenchimento dos tubos com os solos, estes foram mantidos na posição vertical com a abertura para cima e molhados até atingirem 65% de sua capacidade de saturação (EMBRAPA, 1979). Para tanto, foram saturados com

água na altura da coluna, por um período de 48 horas, com intuito de umedecer o solo e eliminar todo o ar aprisionado dentro das colunas, evitando caminhos preferenciais. Em seguida, os tubos permaneceram na posição vertical, em repouso por mais 72 horas, para drenagem do excesso de água, até que atingissem 65% da capacidade de saturação.

Tabela 2. Análise física dos solos utilizados para o preenchimento dos tubos de PVC.

Tipo de solo	Argila (%)	Silte (%)	Areia total (%)	Fração Areia (%)		
				AG	AM	AF
Argiloso	63	17	20	8	-	13
Arenoso	5	0	95	21	-	73

AG = areia grossa, AM=Areia média, AMF=Areia muito fina

Em seguida, foram aplicados os herbicidas na parte aberta superior dos tubos, utilizando um pulverizador costal pressurizado, a uma pressão constante de 2,8 kgf cm⁻² (mantida por CO₂ comprimido), munido de barra com quatro pontas de pulverização XR 10002, espaçadas em 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. Os herbicidas estudados foram três, descritos na (Tabela 3), aplicados na pré-emergência, com uma testemunha sem aplicação de herbicidas, totalizando quatro tratamentos experimentais para cada tipo de solo. Por ocasião das aplicações, a umidade relativa do ar era de 47% e as temperaturas do ar e do solo eram de 25°C (Tabela 4).

Tabela 3. Descrição dos herbicidas utilizados.

Ingrediente ativo (i.a.)	Concentração	Formulação	Dose
			mL ou g ha ⁻¹
Indaziflam ¹	500g/L	SC	75
Isoxaflutole ²	750g/Kg	SC	250
Indaziflam + ₋	150g/L +	WG	150
Isoxaflutole ³	450g/L		

Produtos comerciais: 1. Allion®, 2. Provence® e 3. Provence Total®

Doze horas após a aplicação dos herbicidas, os tubos montados receberam uma simulação de 100 mm de chuva. Para tanto, em dias alternados, foram aplicados o equivalente a 20 mm de água por tubo, utilizando um pulverizador costal pressurizado (CO₂), com barra de uma ponta do tipo CH 100.

Após o período de 10 dias de simulação da precipitação, a parte superior dos tubos que estava aberta foi fechada com uma tampa de madeira. Na sequência, os tubos foram colocados na posição horizontal, abertos longitudinalmente, retirando-se a tampa removível e semeados o capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*) em linhas perpendiculares ao comprimento do tubo, distanciadas entre si a 5 cm, sendo depositadas aproximadamente 200 sementes por linha e cada espécie foi semeada em uma metade do tubo. Os tubos, depois de semeados, foram mantidos sob condições de casa-de-vegetação, sendo umedecidos diariamente.

Para cada espécie, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x4, em 5 repetições, no qual constituíram os fatores os dois tipos de solos (argiloso e arenoso) submetidos aos três herbicidas e sem aplicação, totalizando 40 parcelas experimentais (tubos de PVC)

Aos 3, 7 e 14 dias após a semeadura, foram feitas contagens das plântulas emergidas e aos 7 e 14 após a semeadura foram atribuídas notas visuais de fitotoxicidade, segundo a escala de notas da EWRC (1964). Ao final do período experimental, aos 15 dias após a semeadura, as partes aéreas remanescentes foram cortadas rentes à superfície do solo, ensacadas, identificadas e colocadas para secar em uma estufa a 65°C por 96 horas, para determinar a massa seca.

4. RESULTADOS

4.1 Capim-braquiária

Analisando a emergência de plântulas aos sete dias após a semeadura verificou-se que, de modo geral, a emergência foi maior no solo argiloso que no arenoso (Tabela 4). No solo argiloso, com a aplicação do isoxaflutol isolado (T4), praticamente não houve emergência do capim-braquiária até os 15 cm de profundidade (Figura 1), diferenciando dos demais tratamentos até 20 cm, após os quais se igualou aos demais tratamentos com herbicidas (T2 e T3), mantendo este comportamento até os 35 cm. No tratamento com indaziflam isolado (T2), aos 5 cm de profundidade, houve menor emergência quando comparado à mistura (T3) e a testemunha (T1). Contudo, com o aumento da profundidade, seu comportamento se igualou ao da mistura e resultando em maior emergência em relação a testemunha apenas nas profundidades de 25 e 30 cm.

No solo arenoso (Figura 1), os tratamentos com herbicida (T2 a T4) resultaram em menor emergência das plântulas de capim-braquiária em relação a testemunha nas profundidades de 5 e 10 cm. Já a 15 cm, apenas o tratamento com indaziflam isolado (T2) resultou em menor emergência em relação à testemunha, incluindo os demais tratamentos (T3 e T4). Aos 20 cm, o comportamento dos herbicidas se assemelhou, inclusive ao da testemunha, mas no tratamento com a mistura (T3) houve maior emergência, mantendo este comportamento até os 35 cm, enquanto o tratamento com isoxaflutol resultou em menor emergência.

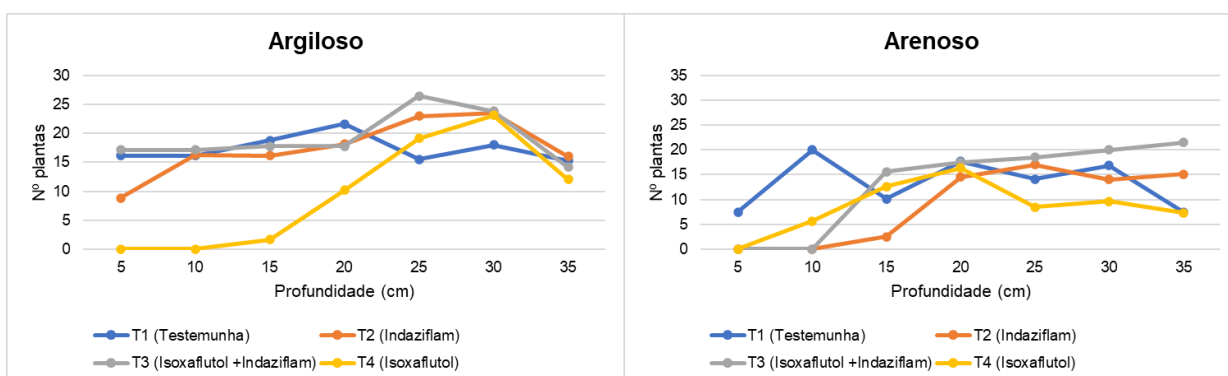


Figura 1. Emergência de plântulas de capim-braquiária em solos argiloso e arenoso, sete dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

Tabela 4. Número de plântulas de capim-braquiária emergidas em dois tipos de solo, sete dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

	5 cm			10 cm			15 cm			20 cm		
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F
T1 - Test	16,16 Aa	7,50 Ab	214,60**	16,16 Ab	20,00 Aa	32,45**	18,83 Aa	10,16 Bb	F	21,66 Aa	17,66 Ab	20,10**
T2 - Ind	8,83 Ba	0,00 Bb	222,94**	16,33 Aa	0,00 Cb	589,20**	16,16 Aa	2,50 Cb	47,73**	18,16 Ba	14,50 Bb	16,89**
T3 - Iso +Ind	17,16 Aa	0,00 Bb	814,98	17,16 Aa	0,00 Cb	650,86**	17,83 Aa	15,66 Aa	118,69**	17,83 Ba	17,50 Aa	0,14NS
T4 - Iso	0,00 Ca	0,00 Ba	-	0,00 Ba	5,66 Bb	70,92**	1,66 Bb	12,66 ABa	2,98NS	10,16 Cb	16,33 ABa	47,78**
F	361,10**	80,36**		303,52**	393,74**		82,32**	40,35**	76,89**	59,08**	5,35**	
	25 cm			30 cm			35 cm					
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F			
T1 - Test	15,50 Da	14,16 Ba	2,02NS	18,00 Ba	16,83 Ba	1,21NS	15,33 Aa	7,50 Cb	60,69**			
T2 - Ind	23,00 Ba	17,00 Ab	40,88**	23,50 Aa	14,00 Bb	80,02**	16,00 Aa	15,16 Ba	0,69NS			
T3 - Iso +Ind	26,50 Aa	18,50 Ab	72,68**	23,83 Aa	20,00 Ab	13,03**	14,16 ABb	21,50 Aa	53,19**			
T4 - Iso	19,16 Ba	8,50 Cb	129,21**	23,16 Aa	9,66 Cb	161,60**	12,00 Ba	7,33 Cb	21,54**			
F	51,37**	44,18**		13,54**	34,13**		6,09**	91,81**				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo

Analisando a fitotoxicidade visual dos tratamentos nas plântulas de capim-braquiária aos 7 dias após a semeadura (Figura 2), verificou-se que as notas atribuídas no solo arenoso foram maiores que o argiloso em todos os tratamentos empregando herbicida, sobretudo a partir dos 20 cm de profundidade. No solo argiloso, a fitotoxicidade do isoxaflutol isolados ou em mistura (T3 e T4) foi acentuada (acima de 50%) dos 5 aos 20 cm de profundidade, após a qual decresceu, sendo nula a partir dos 30 cm. No caso do indaziflam, essa toxicidade foi acentuada dos 5 aos 20 cm de profundidade, após os quais decresceu paulatinamente, chegando aos 25 cm de profundidade com fitotoxicidade nula. No caso do solo arenoso (Figura 2), a fitotoxicidade foi acentuada em todos os tratamentos com herbicida dos 5 aos 35 cm de profundidade.

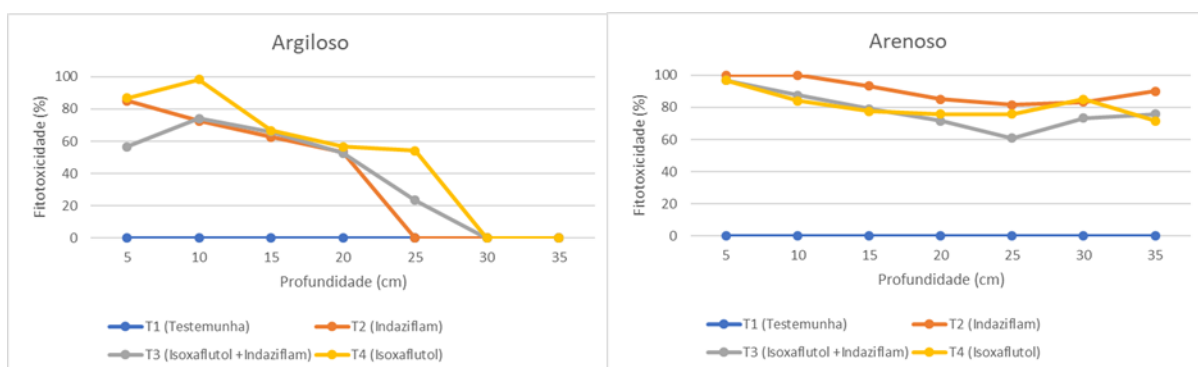


Figura 2. Fitotoxicidade em plântulas de capim-braquiária em solos argiloso e arenoso, 7 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

Tabela 5. Fitotoxicidade de Indaziflam, Isoxaflutol +Indaziflam e Isoxaflutol em capim-braquiária emergidas em dois tipos de solo, 7 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

	5 cm			10 cm			15 cm			20 cm		
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F
T1 (Testemunha)	0,00 Ca	0,00 Ba	-	0,00 Ba	0,00 Ca	-	0,00 Ba	0,00 Ca	-	0,00 Ba	0,00 Ca	-
T2 (Indaziflam)	85,00 Ab	100,00 Aa	10,25	72,50 Ab	100,00 Aa	31,98**	62,50 Ab	93,33 Aa	37,61**	53,33 Ab	85,00 Aa	53,28**
T3 (Isoxaflutol +Indaziflam)	56,66 Bb	96,66 Aa	72,91**	74,16 Ab	87,50 ABa	7,52**	65,83 Aa	79,16 Bb	7,03*	52,50 Ab	71,66 Ba	19,52**
T4 (Isoxaflutol)	86,66 Ab	96,66 Aa	4,56*	84,16 Aa	80,83 Ba	0,47NS	66,66 Ab	77,50 Ba	4,64*	56,66 Ab	75,83 ABa	19,52**
F	149,26**	218,06**		127,44**	174,51**		83,83*	141,36**		78,30**	162,87	
	25 cm			30 cm			35 cm					
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F			
T1 (Testemunha)	0,00 Ca	0,00 Ca	-	0,00 Aa	0,00 Ca	-	0,00 Aa	0,00 Ca	-			
T2 (Indaziflam)	0,00 Cb	81,66 Aa	1097,60**	0,00 Ab	83,33 Aa	1785,71**	0,00 Ab	90,00 Aa	2404,95**			
T3 (Isoxaflutol +Indaziflam)	23,33 Bb	60,83 Ba	231,43**	0,00 Aa	73,33 Ba	1382,86**	0,00 Ab	75,83 Ba	1707,42**			
T4 (Isoxaflutol)	54,16 Ab	75,83 Aa	77,26**	0,00 Ab	85,00 Aa	1857,86**	0,00 Ab	71,66 Ba	1524,95**			
F	216,90**	461,18**		-	847,98**		-**	966,98**				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo

4.2 Capim-colonião

Analisando a emergência de plântulas de capim-colonião aos sete dias após a semeadura verificou-se que, de modo geral, a emergência foi maior no solo argiloso que no arenoso (Tabela 6). No solo argiloso, com a aplicação do indaziflam isolado (T4), praticamente não houve emergência do capim-colonião até os 5 cm de profundidade (Figura 3), após esta profundidade as taxas de emergência subiram se aproximando dos demais tratamentos que tiveram comportamentos muito similares até os 35 cm de profundidade.

No solo arenoso (Figura 3), os tratamentos com herbicida (T2 a T4) resultaram em menor emergência das plântulas de capim-colonião em relação a testemunha nas profundidades de 5 e 10 cm. Já a 15 cm, apenas o tratamento com indaziflam isolado (T2) resultou em menor emergência em relação à testemunha, incluindo os demais tratamentos (T3 e T4). Aos 20 cm, o comportamento dos herbicidas se assemelhou, inclusive ao da testemunha, mas no tratamento com o isoxaflutol (T4) houve maior emergência, mantendo este comportamento até os 30 cm, enquanto o tratamento com a mistura (T3) resultou em menor emergência.

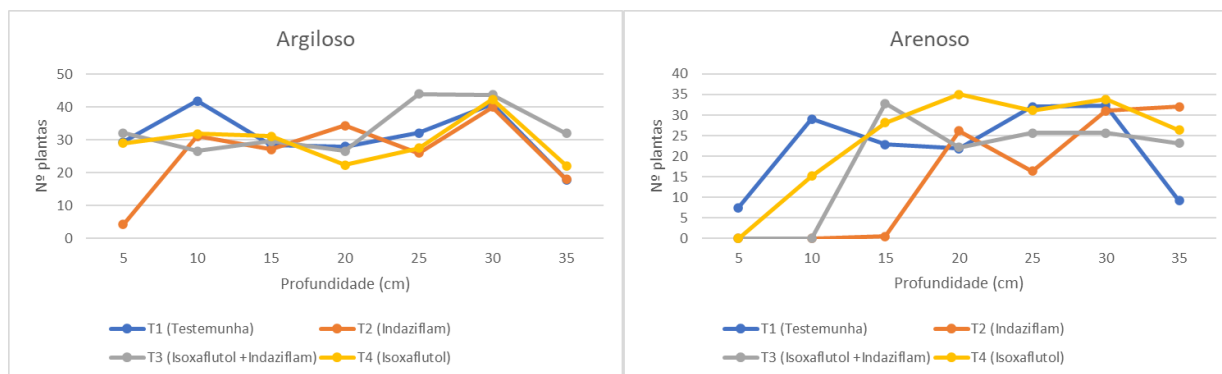


Figura 3. Emergência de plântulas de capim-colonião em solos argiloso e arenoso, sete dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

Tabela 6. Número de plântulas de capim-colônia emergidas em dois tipos de solo, sete dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

	5 cm			10 cm			15 cm			20 cm		
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F
T1 (Testemunha)	29,33 Ba	7,50 Ab	907,99**	41,83 Aa	29,00 Ab	315,37**	28,33 ABa	22,83 Cb	19,07**	28,00 Ba	21,83 Cb	32,02**
T2 (Indaziflam)	4,33 Cb	0,00 Bb	35,77**	31,16 Ba	0,00 Cb	1860,05**	27,16 Ba	0,50 Db	448,34**	34,33 Aa	26,16 Bb	56,16**
T3 (Isoxaflutol +Indaziflam)	32,16 Aa	0,00 Bb	1970,85**	26,66 Ca	0,00 Cb	1361,70**	29,66 ABb	32,83 Aa	6,32*	26,66 Ba	22,16 Cb	17,05**
T4 (Isoxaflutol)	29,00 Ba	0,00 Bb	1601,90**	31,83 Ba	15,16 Bb	531,91**	31,16 Aa	28,16 Bb	5,67*	22,33 Cb	35,00 Aa	135,11**
F	643,27**	53,57**		156,76**	744,71**		3,75*	258,48**		41,48**	63,29	
	25 cm			30 cm			35 cm					
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F			
T1 (Testemunha)	32,16 Ba	32,00 Aa	0,4NS	41,00 Ba	32,33 ABb	88,22**	17,83 Ca	9,16 Cb	36,34**			
T2 (Indaziflam)	26,00 Ca	16,33 Cb	144,07**	40,00 Ba	31,00 Bb	95,14**	18,00 Cb	32,00 Aa	94,84**			
T3 (Isoxaflutol +Indaziflam)	44,00 Aa	25,66 Bb	518,20**	43,66 Aa	25,66 Cb	380,55**	32,00 Aa	23,16 Bb	40,66**			
T4 (Isoxaflutol)	27,50 Cb	31,16 Aa	20,73**	42,33 ABa	33,83 Ab	84,86**	22,16 Bb	26,33 Ba	8,40**			
F	205,14**	160,25**		5,98**	29,68**		44,78**	91,31**				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo

Analisando a fitotoxicidade visual dos tratamentos nas plântulas de capim-colonião aos 7 dias após a semeadura (Figura 4), verificou-se que as notas atribuídas no solo arenoso foram maiores que o argiloso em todos os tratamentos empregando herbicida, sobretudo a partir dos 20 cm de profundidade, com leve queda na profundidade de 35 cm (Tabela 7). No solo argiloso, a fitotoxicidade do isoxaflutol isolado ou em mistura (T3 e T4) foi acentuada (acima de 50%) dos 5 aos 20 cm de profundidade, após a qual decresceu, sendo nula a partir dos 30 cm. No caso do indaziflam, essa toxicidade foi acentuada apenas nas plantas que se encontravam nos 15 cm superficiais, após os quais decresceu paulatinamente, chegando aos 20 cm de profundidade com fitotoxicidade nula. No caso do solo arenoso, a fitotoxicidade foi acentuada (acima dos 50%) em todos os tratamentos com herbicida dos 5 aos 35 cm de profundidade.

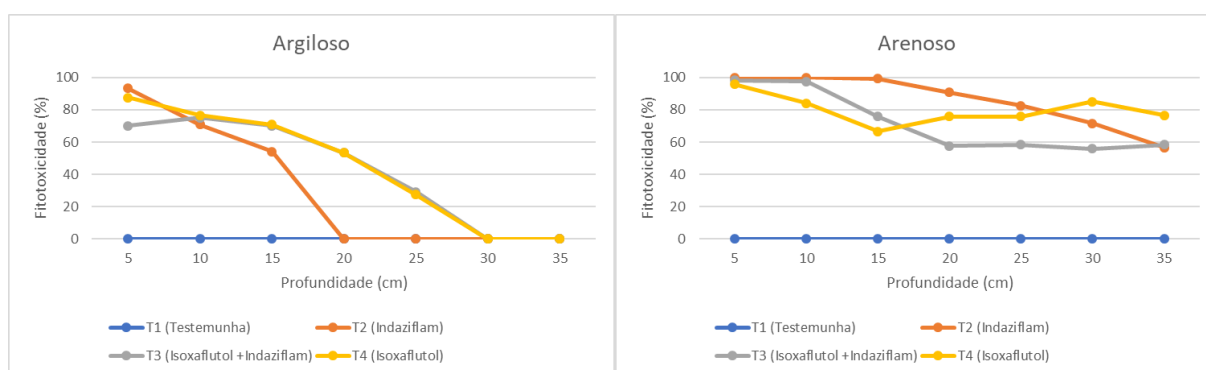


Figura 4. Avaliação de fitotoxicidade de Indaziflam, Isoxaflutol + Indaziflam e Isoxaflutol sobre capim-colonião aos 7 dias após a semeadura.

Tabela 7. Fitotoxicidade de Indaziflam, Isoxaflutol +Indaziflam e Isoxaflutol em capim-braquiária emergidas em dois tipos de solo, 7 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

	5 cm			10 cm			15 cm			20 cm		
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F
T1 (Testemunha)	0,00 Ca	0,00 Ba	-	0,00 Ba	0,00 Ca	-	0,00 Ca	0,00 Ca	-	0,00 Ba	0,00 Da	-
T2 (Indaziflam)	93,33 Aa	100,00 Aa	189NS	70,83 Ab	100,00 Aa	59,04**	54,16 Bb	99,16 Aa	64,51**	0,00 Bb	90,83 Aa	1218,56**
T3 (Isoxaflutol +Indaziflam)	70,00 Bb	98,33 Aa	34,10**	75,00 Ab	97,50 Aa	35,13**	70,00 Aa	75,83Ba	1,08NS	53,33 Aa	57,50 Ca	2,56NS
T4 (Isoxaflutol)	87,50 Aa	95,83 Aa	2,95NS	76,66 Aa	82,50 Ba	2,36NS	70,83 Aa	66,66 Ba	0,55NS	53,33 Ab	72,50 Ba	54,26**
F	156,83**	204,46**		191,70**	310,55**		71,05**	115,29**		280,07**	455,03**	
	25 cm			30 cm			35 cm					
	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F	Argiloso	Arenoso	F			
T1 (Testemunha)	0,00 Ca	0,00 Ca	-	0,00 Aa	0,00 Ca	-	0,00 Aa	0,00 Ba	-			
T2 (Indaziflam)	58,33 Ab	82,50 Aa	88,06**	0,00 Ab	71,66 Aa	2739,26	0,00 Ab	56,66 Aa	963,33**			
T3 (Isoxaflutol +Indaziflam)	29,16 Bb	58,33 Ba	128,27**	0,00 Ab	55,83 Ba	16662,59	0,00 Ab	58,33 Aa	1020,83**			
T4 (Isoxaflutol)	27,50 Bb	76,66 Aa	364,50**	0,00 Ab	74,16 Aa	2933,70**	0,00 Ab	58,33 Aa	1020,83**			
F	171,24**	428,25**		-	1275,31**		-	501,11**				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo

Tabela 8. Massa seca de plântulas de capim-braquiária e de capim-colonião emergidas em dois tipos de solo, 14 dias após a semeadura, em resposta aos tratamentos e em função da profundidade de semeadura.

	Tratamentos				
	Test	Ind	Ind + Iso	Iso	F
Capim-braquiária					
Argiloso	1,12 Ba	1,25 Aa	0,68 Da	0,83 Ca	397,77**
Arenoso	0,29 Ab	0,22 Bb	0,19 BCb	0,15 Cb	18,93**
F	2043,15**	3129,02**	713,19**	1355,02**	
F(Herb)			262,52**		
F(Sol)			6777,83**		
F(HxS)			154,18**		
CV(%)			5,36		
Capim-colonião					
Argiloso	1,16 Aa	0,80 Ba	1,06 Aa	1,08 Aa	17,27**
Arenoso	0,61 Ab	0,38 Bb	0,05 Cb	0,26 Bb	38,21**
F	109,69**	62,44**	361,08**	238,97**	
F(Herb)			30,73**		
F(Sol)			697,91**		
F(HxS)			24,76**		
CV(%)			13,56		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e minúscula na linha diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo.

Com relação a massa seca das plântulas de capim-colonião remanescentes aos 14 dias após a semeadura (Tabela 8), pode-se verificar que ela foi maior no solo argiloso quando comparado ao arenoso em todos os tratamentos com herbicida. Comparando-se o efeito dos tratamentos dentro do tipo de solo, verificou-se que apenas o indaziflam proporcionou redução de massa quando comparado á testemunha e aos demais herbicidas, que por sua vez não diferenciaram entre si. Já no solo arenoso, a maior massa seca foi obtida na testemunha, seguida do indaziflam e isoxaflutol isolados, que não diferenciaram entre si, a mistura, que reduziu em mais de 90 % a massa seca do capim-colonião, enquanto os produtos isolados a reduziram em 50%, em média.

5. DISCUSSÃO

Diante dos resultados apresentados nas diversas tabelas e figuras com dados de germinação, fitotoxicidade e quantidade de matéria seca produzida nos tratamentos, nota-se que a lixiviação de herbicidas é intimamente dependente do tipo de solo que predomina no local e pode apresentar variação em seus atributos do solo que influenciam diretamente na capacidade de um herbicida lixiviar em maior ou menor proporção, assim também a própria quantidade de água que tende a penetrar naquele solo, a ser dependente de vários fatores relacionados as características climáticas daquele local. Não menos importante, as características físico-químicas dos herbicidas irão também influenciar diretamente na taxa de lixiviação.

Neste contexto, a movimentação de um herbicida no perfil do solo ocorre em todas as direções e é dependente da direção do fluxo de água (JAVARONI et al., 1999), a direção mais comum na qual o herbicida pode ser lixiviado é a descendente interferindo diretamente no comportamento do herbicida no solo, podendo torná-lo mais ou menos eficiente, e influencia diretamente o seu desempenho no controle de plantas daninhas (OLIVEIRA, 2001).

As características que mais influenciam o movimento dos herbicidas são o conteúdo e o tipo de argila e matéria orgânica, a composição e a distribuição do tamanho das partículas do solo, o pH, a densidade aparente e o tamanho e distribuição dos poros. Explicando, portanto, o fato de a movimentação dos tratamentos com herbicidas apresentarem maior lixiviação no solo arenoso, que apresentou tais características aqui acima citadas em níveis de qualidade inferior ao solo argiloso, como o teor de matéria orgânica e argila que influenciam de maneira significativa a sorção e, conseqüentemente, o seu potencial de lixiviação, pois a atividade residual é menor em solos de textura arenosa do que em solos argilosos (MARCHIORI JR. et al., 2005).

Quanto ao fato de o solo arenoso ter apresentado presença dos herbicidas em todas as profundidades, justifica-se principalmente pela menor capacidade de sorção que o solo arenoso possui em relação ao argiloso. Conforme apresentado na tabela 3, o valor do pH está acima do pKa de todos os herbicidas aqui utilizados, isso faz com que a capacidade de sorção da molécula do herbicida seja amplamente diminuída, conseqüentemente, aumentando a sua forma molecular no meio, facilitando assim sua lixiviação para maiores profundidades. Palma et al. (2015),

verificaram que o aumento do pH do solo pode diminuir a capacidade sortiva dos herbicidas iônicos e resultar em maior lixiviação dessa molécula no perfil do solo, isso porque quando o pH do solo está próximo ou abaixo do pKa do herbicida este pode se protonar e receber carga positiva e ser absorvido pela planta como cátion.

Ambas as plantas expostas aos tratamentos apresentaram fitotoxicidade, isso pode ser explicado, de maneira que todas as espécies vegetais, monocotiledôneas ou dicotiledôneas, sofrem com a ação do indaziflam em função de sua característica na inibição da biossíntese de celulose e redução da formação de novos tecidos, principalmente da parede celular, de forma que plantas já estabelecidas sofrem menor ação por já apresentar tecidos desenvolvidos (BRABHAM et al., 2014).

O indaziflam tem como característica afetar o desenvolvimento de novas folhas, além de ser eficaz no solo antes da emergência da planta daninha, principalmente com a inibição do desenvolvimento de raízes (GUERRA et al. 2013).

Em relação ao Isoxaflutol, também foram observados efeitos de fitotoxicidade e morte de plântulas, isso está relacionado com o mecanismo de ação deste herbicida, impedimento da biossíntese de pigmentos carotenoides essenciais para a proteção da clorofila (MITRA et al., 2000). Os carotenos são responsáveis por direcionar a energia luminosa às moléculas de clorofila e ajudam a dissipar o excesso de energia dessas moléculas após a absorção da luz, através de processo enzimático, que liberam energia na forma de calor. Assim, na ausência dos mesmos, a dissipação do excesso de energia da clorofila não ocorre, causando oxidação das membranas, e diversos danos a parede celular e até mesmo a destruição da célula (SILVA et al., 2014).

Os resultados indicam que as maiores taxas de fitotoxicidade no solo arenoso é causado pelo Indaziflam, apesar de o Isoxaflutol também se apresenta com taxas elevadas, assim como a mistura Indaziflam+Isoxaflutol, porém é visível que ocorre dominância do Indaziflam. Essa alta taxa é explicada pela própria característica físico-químicas do herbicida, como sua baixa solubilidade, e pelas próprias características do solo que apresenta baixo potencial de sorção permitindo que estes herbicidas fiquem na solução do solo, podendo lixiviar verticalmente ao longo do solo, atingindo lugares mais longínquos, naturalmente diminuindo a capacidade de absorção pela planta, podendo chegar a lençóis freáticos também.

O isoxaflutol e também a combinação Isoxaflutol + Indaziflam tiveram melhores resultados de fitoxidade no solo argiloso, limitando-se nas primeiras profundidades,

que também se explicam pela característica físico-química do herbicida, previamente apresentada na revisão, como a baixa a moderada solubilidade, além das próprias condições do solo argiloso que contém maior capacidade de sorção quando comparado ao solo arenoso, de tal modo que o herbicida não consegue chegar a maiores profundidades, pois é retido pelos colóides do solo. Naturalmente quanto melhor for as características do solo, maior será a tendência das moléculas ficarem restritas a menores profundidades. Isso implica também em menor dano ambiental pois impossibilita a lavagem destas moléculas a outros locais que podem se concentrar e causar danos ao ambiente.

Alguns estudos mostram que o incremento do teor de matéria orgânica do solo favorece o aumento da sorção da molécula de Isoxaflutol que leva a queda na atividade do herbicida, pois esse fica menos disponível na solução do solo (BEN-HUR et al., 2003), tornando-o menos disponível para a absorção pelas plantas e, conseqüentemente, causando menor intoxicação da planta indicadora, como no caso o capim colônia e capim braquiária.

Em estudos de sorção e dessorção de Isoxaflutol, em cinco solos, foi observado uma correlação positiva com a matéria orgânica do solo, apresentando maior histerese sorção/dessorção nos solos com maior teor de matéria orgânica, evidenciando maiores forças nas ligações (MIRTRA et al., 2000). Oliveira Jr et al. (2006), observando a atividade residual do Isoxaflutol, verificaram que o herbicida apresentou maior retenção e, conseqüentemente, maior atividade residual em solo com maior teor de matéria orgânica, evidenciando a importância da matéria orgânica na sorção desse herbicida no solo.

Quando falamos do tratamento em mistura desses ingredientes ativos, a mistura de produtos formulados com características diferentes permite ampliar o espectro de controle para plantas daninhas, bem como a possibilidade de uso durante o ano. Em trabalho conduzido Malardo (2019) analisando a associação indaziflam+isoxaflutole aplicada na ausência da palhada de cana, observou o controle de capim colônia, superior a 80%, independente da lâmina de chuva de 20 mm aplicada aos 10 DAA.

Quanto a eficácia dos herbicidas no controle da braquiária e colônia conforme já destacado anteriormente, o isaxaflutol e a combinação de isaxaflutol+indaziflam com melhores resultados no solo argiloso, tendo esta eficiência limitada nas primeiras profundidades, se explica principalmente em função da solubilidade do herbicida, pois

o Indaziflam tende a ser mais rapidamente adsorvido pelos coloides do solo, diminuindo rapidamente sua eficácia junto a planta daninha, naturalmente sua percolação ao longo da verticalidade do solo também é impedida. Deste modo, o Isoxaflutol e a combinação Isoxaflutol+Indaziflam por permanecerem mais tempo na solução do solo, tendem a exercer um efeito fitotóxico mais eficiente sobre a braquiária e o colônio.

No solo arenoso o indaziflam por não conter capacidade de sorção igual a um solo argiloso, permite com que a ação do herbicida sobre a braquiária e o colônio ocorra de forma eficiente, inclusive não se restringindo as primeiras profundidades, mas, com efeitos bem fortes nas primeiras camadas. O movimento descendente do indaziflam em solos dos Estados Unidos quando aplicadas lâminas mais altas de irrigação simulando chuva, foi menor em solo arenoso, mas que possuía elevados teores de carbono orgânico, corroborando com os resultados encontrados nesta pesquisa (LEON et al., 2016).

O outro fator que teve influência significativa no acúmulo de matéria seca, foi o maior teor que carbono orgânico (M.O.), presente no solo argiloso. Os maiores teores de carbono orgânico do solo favorecem o aumento da sorção de herbicidas no solo, pois esse fica menos disponível na solução (BEN-HUR et al., 2003). O processo de sorção é observado tanto em indaziflam como em Isoxaflutol (BRAGA, 2017; TEIXEIRA 2019). Estudos conduzidos, ao avaliar a sorção do indaziflam por cromatografia, afirma-se haver correlação positiva entre a sorção do indaziflam e teor de matéria orgânica em vários solos brasileiros, desse modo o potencial de lixiviação dessa molécula pode ser caracterizado como moderado (ALONSO et al., 2011).

Em estudos conduzidos por Braga (2017) o pH foi o atributo que mais teve influência na sorção do indaziflam, seguido pelo teor de matéria orgânica. A quantidade de argila e a CTC dos solos apresentara baixa correlação com a sorção do indaziflam. Diante disso, a sorção de indaziflam é aumentada com a redução do pH e aumento do teor de matéria orgânica do solo.

6. CONCLUSÕES

O indaziflam, o isoxaflutol e a mistura indaziflam+isoxaflutol tiveram alta taxa de lixiviação no solo arenoso, e no solo argiloso a lixiviação ficou restrita até os primeiros 15 centímetros.

A melhor eficácia no controle de capim-braquiária e capim-colonião foi a mistura indaziflam+isoxaflutol e o isoxaflutol no solo argiloso, enquanto o indaziflam, a mistura indaziflam+isoxaflutol e o isoxaflutol foram eficientes no solo arenoso.

7. REFERÊNCIAS

- AGROFIT – Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. MAPA - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. Consulta de ingrediente ativo. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acessado 17 abril 2023
- AGROFIT. Cana-de-açúcar. Disponível em: http://www.agrofit.com.br/novoportal/index.php?option=com_content&view=category&id=42&Itemid=61. Acesso em: 17 abr. 2023.
- ALONSO, D.G.; KOSKINEN, W.C.; OLIVEIRA Jr, R.S.; CONSTANTIN, J.; MISLANHA, S. Sorption-desorption of indaziflam in selected agricultural soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 4, p. 3096-3101, 2011.
- ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R.G.; SOUZA, L. F. Programa do proálcool e o etanol no Brasil. **Engevista**, v. 11, n. 2, p. 127-136, 2009.
- ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R.G.; SOUZA, L. F. Programa do proálcool e o etanol no Brasil. **Engevista**, v. 11, n. 2, p. 127-136, 2009.
- AZANIA, C.A.M. et al. Eficácia de herbicidas no controle de espécies de corda-de-violão em cana-de-açúcar. **STAB**. V. 29, n. 2, p. 41-45, 2010.
- BAYER ENVIRONMENTAL SCIENCE, Indaziflam, 15p. 2012. Disponível em: <http://www.agf.gov.bc.ca/pesticides/indaziflam%2000_label.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023
- BEN-HUR, M.; LETEY, J.; FARMER, W. J.; WILLIAMS, C. F.; NELSON, S. D. Soluble and solid organic matter effects on atrazine adsorption in cultivated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, n. 4, p. 1140-1146, 2003.
- BRABHAM, CHAD B. Probing the plant cell wall with herbicides: a chemical genetics approach. 2014.
- BRAGA, Renan Rodrigues. **Sorção de indaziflam e isoxaflutole em solos tropicais**. 2017. 45f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.
- BRASIL. (2010) Ato nº 21, de 28 de maio de 2010. Resumo dos pedidos de registro, atendendo os dispositivos legais do artigo 14 do Decreto N 4074, de 04 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei n 7.802, de 11 de julho de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ano. CXLVI, n. 104, p. 12, 2 jun. 2010. Seção I, parte 1.
- BRIGHENTI AM, OLIVEIRA MF BIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS. IN: OLIVEIRA JÚNIOR RS, CONSTANTIN J, INOUE MH. Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba. **Omnipax**. 136 (2011).

CARVALHO LB (2013) Plantas Daninhas. Lages: SC. Editado pelo autor 82p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L.; DAMIN, V.; CARVALHO, S. J. P. de; NICOLAI, M. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **Piracicaba**. 2008. 85 p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; DAMIN, V.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **Piracicaba**, 1ª edição, 72 p. 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: Quarto levantamento – abril 2023. Brasília-DF: Conab, v. 6, n. 1, 58 p.

FERREIRA, E. A. et al. Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010.

FREITAS, K. R.; BENEVAL, R.; RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L. do; HEINEMAM, A. B.; FERREIRA, P. H.; MACEDO, R. Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 83-89, 2005.

GALON, L et al. Interferência da *Brachiaria brizantha* nas características morfológicas da cana-de-açúcar. **Planta daninha**, Viçosa , v. 29, n. spe, p. 1029-1036, 2011 . Available from<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010083582011000500009&lng=en&nrm=iso>.

GIRALDELI AL, CARRARA DE BRITO F, MOREIRA SILVA AF, APOLARI GHIRARDELLO G, VIVIANI PAGENOTTO AC, PEREIRA DE MORAES J Initial interference of *Cyperus rotundus* L. in pre-sprouted seedlings of sugarcane cultivars RB985476 and IACSP955000. **Agronomía Colombiana** 36: 210-216 (2018).

GUERRA, N.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.DE; CONSTANTIN, J; OLIVEIRA NETO, A.M. DE; 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

HURLE, K.; WACKER, A. Persistence and its prediction. In: HANCE, R. S. Interaction between herbicides and the soil. New York: **Academic Press**, cap. 4, p. 83-122, 1980

JAVARONI, R. C.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alachlor em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 22, p. 58-64, 1999.

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.

KUVA, M.A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capim-brachiaria (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta daninha**, v. 21, n. 1, p.37-44, 2003

KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – tiririca. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p.241-251, 2000.

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.

LORENZI, H. et al. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional, 7ª ed., Nova Odessa, SP: **Instituto Plantarum**, 2014. 371 p.

MALARDO, M.R.; MONQUERO, P.A.; DOS SANTOS, P.H.V.; RIBEIRO, N.M.; SILVA, P.V.; HIRATA, A.C.S. Influence of the sowing depth and amount of sugarcane straw on the emergence of *Chloris polydactyla* and *Eleusine indica* and their control by herbicides applied pre-emergence. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 38, n. 3, p. 1187-1200, maio/jun. 2019.

MARCHIORI JR., O. et al. Efeito residual de isoxaflutole após diferentes períodos de seca. *Planta Daninha*, v. 23, p. 491-499, 2005.

MITRA, S.; BHOWMILK, P. C.; XING, B. Sorption of isoxaflutole by five different soils varying in physical and chemical properties. *Pestic. Sci.*, v. 55, p. 935-942, 2000.

MONQUERO PA, HIRATA ACS, PITELLI RA. Métodos de Levantamento da Colonização de Plantas Daninhas (2014). In: Monquero PA. Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas. São Carlos. **Rima**. 103-127

OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 315-362.

OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; BORGHI, E.; CECCON, G.; CASTRO, G. S. A. Atributos da braquiária como condicionador de solos sob integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa**, p. 333-353, 2015.

PALMA, G., DEMANET, R., JORQUERA, M., MORA, M. L., BRICEÑO, G., & VIOLANTE, A. Effect of pH on sorption kinetic process of acidic herbicides in a volcanic soil. *Journal of soil science and plant nutrition*. v. 15, n. 3, p. 549-560, 2015.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; BOSI, C.; CAVALCANTE, A. C. R.; BETTIOL, G. M.; GOMIDE C. A. de M.; PELLEGRINO, G. Q. *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. Forage Science: The **Journal of the British Grassland Society**, 2016.

PITELLI RA COMPETIÇÃO E CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS. SÉRIE TÉCNICA IPEF 4: 1-24 (1987).

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. 6.ed. Londrina: **Grafmarke**, 2011. 697 p.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5ª ed., Londrina, 2005. 592p

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A.D.. Plantio da cana de açúcar. Brasília: **Embrapa**, 2018.

ROSSI, C. V. S. Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar. 2004, 95p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas)** – Unesp - Botucatu.

SABBAG, R.S. Efeito de herbicidas no desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar e no controle de plantas daninhas. 2015. 56 p. **Dissertação (mestrado)**. Universidade Federal de São Carlos, UFScar, São Carlos – SP, 2015.

SANTOS, F. A., QUEIROZ, J. H. D., COLODETTE, J. L., MANFREDI, M., QUEIROZ, M. E. L., CALDAS, C. S., & SOARES, F. E. Otimização do pré-tratamento hidrotérmico da palha de cana-de-açúcar visando à produção de etanol celulósico. **Química Nova**, v.37, p. 56-62, 2014.

SILVA IAB, KUVA MA, ALVES PLCA, SALGADO TP Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na canasoca. **Planta Daninha**, v. 27, p. 265-272, 2009.

SILVA, I. A.; SOUSA, F. K. A.; MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; SANTANA, L. N. L.; FERREIRA, H. C. Modification of bentonites with nonionic surfactants for use in organic-based drilling fluids. *Applied Clay Science*, v. 95, s/n, p. 371-377, 2014.

SILVA, J.R.V.; COSTA, N.V.; MARTINS, D. Efeitos da palhada de cultivares de cana-de-açúcar na emergência da *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 375-380, 2003.

SILVA, P.V. Comportamento ambiental e bioatividade sobre plantas daninhas de herbicidas residuais aplicados sobre a palha de cana de açúcar em diferentes condições hídricas do solo. 144 p. **Tese (Doutorado)** – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2018.

TAKIM FO, FADAYOMI O, ALABI MA, OLAWUYI OJ Impact of natural weed infestation on the performance of selected sugarcane varieties in the southern Guinea

savanna of Nigeria. **Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management** 7: 279-288(2014).

TEIXEIRA, Matheus Ferreira França. Sorção, dessorção e lixiviação do indaziflam em solos com atributos distintos e adição de esterco bovino. 2019. 89 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

TOFOLI, G. R. et al. Dinâmica do tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009.

TOMPKINS, J. (2010) Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. **Environmental Protection Agency**. Unites States. Disponível em: <http://www.epa.gov/opp00001/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC080818_26-Jul-10.pdf> Acessado em: 05 abr. 2023.

VASCONCELOS MCC, SILVA AFA, LIMA RS (2012) Interferências das Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**. 8:01-06.

VELINI, E.D. Comportamento de herbicidas no solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, Botucatu-SP. **Anais...** p. 44- 64, 1992.

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana-crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, Foz do Iguaçu, 2000. Palestras... Londrina: SBCPD, 2000, p.148-164.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; **Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana**. Vista de canavial, ESALQ. J.