



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA**

ÂNDREA MACHADO PEREIRA FRANCO

**SELEÇÃO DE ESPÉCIES CULTIVADAS NO VERÃO COM POTENCIAL DE
FITORREMIAR SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS**

**ERECHIM
2023**

ÂNDREA MACHADO PEREIRA FRANCO

**SELEÇÃO DE ESPÉCIES CULTIVADAS NO VERÃO COM POTENCIAL DE
FITORREMIAR SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) -
Campus Erechim, como parte das exigências para
obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Franco, Ândrea Machado Pereira

Seleção de espécies cultivadas no verão com potencial de fitorremediar solo contaminado com herbicidas /
Ândrea Machado Pereira Franco. -- 2023.
49 f.:il.

Orientador: D. Sc Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2023.

1. Cucumis sativus. 2. despoluição de solo. 3.
espécies fitorremediadoras. I. Galon, Leandro, orient.
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ÂNDREA MACHADO PEREIRA FRANCO

**SELEÇÃO DE ESPÉCIES CULTIVADAS NO VERÃO COM POTENCIAL DE
FITORREMEDIAÇÃO SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) -
Campus Erechim, como parte das exigências para
obtenção do grau de bacharel em Agronomia

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 24/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc. Leandro Galon
Orientador

M. Sc. Rodrigo José Tonin -UFFS
Avaliador

Dr. Gismael Francisco Perin – UFFS
Avaliador

DEDICO

Ao meu esposo Carlos Daniel Balla pelo carinho, amizade, companheirismo, dedicação, compreensão em todos os momentos, e principalmente por ter sido o maior incentivador para a realização do Curso de Agronomia.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me proporcionado o dom do estudo, a perseverança e a força de vontade para chegar até esse momento;

Aos meus pais Enio Roci Fernandes Franco (*in memoriam*) e Marlene Machado Pereira pelo carinho, incentivo e apoio em todos os momentos;

A UFFS - *Campus Erechim* por possibilitar a realização do Curso de Graduação em Agronomia;

Ao Professor Leandro Galon pela orientação, apoio, oportunidade, amizade e companheirismo na realização deste trabalho;

Aos colegas do Grupo MASSA pela contribuição na condução do experimento e realização das análises;

À banca avaliadora por ter aceitado o convite, e por contribuir com o trabalho;

Aos demais professores do Curso de Agronomia da UFFS - pelo ensinamento e amizade;

À Coordenação Adjunta de Laboratórios da UFFS – CLAB-ER pela compreensão nas minhas ausências para cursar a Graduação em Agronomia, e por ceder os espaços para a realização das análises;

Aos colegas da CLAB-ER, em especial aos colegas Bruno Prina, Clarice Ribeiro, Vandeir Bassoli e Nanci Madalozzo pela amizade, compreensão nas minhas ausências e apoio nos momentos difíceis;

Às amigas Graciane Zanon e Gisele Martins pela sincera amizade, apoio e por compreenderem minha ausência em muitos momentos.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Fitotoxicidade às espécies fitorremediadoras submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência..... 42
- Tabela 2. Área foliar das espécies fitorremediadoras cultivada por 32 dias submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência..... 43
- Tabela 3. Massa seca das espécies fitorremediadoras cultivada por 32 dias submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência..... 44
- Tabela 4. Fitotoxicidade das plantas de pepino, cultivadas em sucessão as espécies com potencial fitorremediador submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência avaliada 7 dias após a emergência (DAE)..... 45
- Tabela 5. Fitotoxicidade das plantas de pepino, cultivadas em sucessão as espécies com potencial fitorremediador submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência avaliada 14 dias após a emergência (DAE). 46
- Tabela 6. Fitotoxicidade das plantas de pepino, cultivadas em sucessão as espécies com potencial fitorremediador submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência avaliada 21 dias após a emergência (DAE). 47
- Tabela 7. Área foliar das plantas de pepino cultivadas por 26 dias em sucessão as espécies com potencial fitorremediador após aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência..... 48
- Tabela 8. Massa seca das plantas de pepino cultivadas por 26 dias em sucessão as espécies com potencial fitorremediador após aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência..... 4949

SUMÁRIO

RESUMO:

ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.1 ENSAIO COM ESPÉCIES COM POTENCIAL DE FITORREMEDIAÇÃO	15
3.1.1 Comparação entre os herbicidas na avaliação de fitotoxicidade	15
3.1.2 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de fitotoxicidade.....	17
3.1.3 Comparação entre espécies na avaliação de fitotoxicidade.....	19
3.1.4 Comparação entre herbicidas na avaliação de área foliar.....	20
3.1.5 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de área foliar	21
3.1.6 Comparação entre os herbicidas na avaliação de massa seca.....	22
3.1.7 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de massa seca	23
3.2 ENSAIO COM ESPÉCIE BIOINDICADORA – PEPINO	24
3.2.1 Comparação entre os herbicidas na avaliação de fitotoxicidade	24
3.2.2 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de fitotoxicidade.....	26
3.2.3 Comparação entre as espécies na avaliação de fitotoxicidade	28
3.2.4 Comparação entre os herbicidas na avaliação de área foliar	30
3.2.5 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de área foliar	31
3.2.6 Comparação entre espécies na avaliação de área foliar	33
3.2.7 Comparação entre os herbicidas na avaliação de massa seca.....	34
3.2.8 Comparação entre a doses dos herbicidas na avaliação de massa seca	35
3.2.9 Comparação entre as espécies na avaliação de massa seca.....	36
4. CONCLUSÕES	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

SELEÇÃO DE ESPÉCIES CULTIVADAS NO VERÃO COM POTENCIAL DE FITORREMIAR SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS

Destaques: O feijão de porco apresenta tolerância ao diuron, sulfentrazone e a mistura de ambos na dose recomendada. A braquiária tem maior capacidade de fitorremediar solos contaminados com diuron e diuron + sulfentrazone. A mucuna e o milheto tem potencial para fitorremediar solos na presença de sulfentrazone e diuron + sulfentrazone.

Resumo:

Introdução: A fitorremediação é uma técnica que vem sendo utilizada para descontaminação de áreas agrícolas tratadas com herbicidas, de forma econômica, eficiente e simples. Desse modo o teste de espécie que apresentem potencial fitorremediador torna-se importante, já que novos herbicidas são lançados de forma constante. **Objetivos:** Avaliar o potencial de espécies vegetais semeadas no verão para fitorremediação de solo contaminado com diferentes doses de diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone, e ainda o uso de pepino como planta bioindicadora da despoluição. **Métodos:** O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 8 x 3 x 3 (espécies fitorremediadoras x doses x herbicidas). Foram realizadas avaliações de fitotoxicidade das coberturas aos 7 e 14 dias após a emergência (DAE). Aos 32 DAE, as espécies fitorremediadoras foram seccionadas rente ao solo, aferindo-se a área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS). Após a determinação da AF e da MS efetuou-se a semeadura do pepino como espécie bioindicadora de resíduos de herbicidas no solo. Aos 7, 14 e 21 DAE avaliou-se a fitotoxicidade e aos 26 DAE foi aferido a AF e a MS do pepino. **Resultados:** A braquiária e o capim-sudão apresentaram potencial fitorremediador de solos contaminados com diuron até a dose 980 g ha⁻¹ e diuron+sulfentrazone, até a dose 980+490 g ha⁻¹. O feijão de porco e a crotalária tem potencial para fitorremediar solos com sulfentrazone até a dose 490 g ha⁻¹. **Conclusões:** O milheto, a braquiária, a mucuna e o feijão de porco têm potencial para fitorremediar solos com diuron + sulfentrazone. O sulfentrazone e diuron+sulfentrazone promoveram maiores efeitos tóxicos sobre a planta bioindicadora.

Palavras-chaves: *Cucumis sativus*, despoluição de solo, espécies fitorremediadoras.

Abstract

Background: Phytoremediation is a technique that has been used to decontaminate agricultural areas treated with herbicides in an economical, efficient and simple way. Thus, the test of species that present phytoremediation potential becomes important, since new herbicides are launched constantly. **Objectives:** Evaluate the potential of plant species sown in summer for phytoremediation of soil contaminated with different doses of diuron, sulfentrazone and diuron + sulfentrazone, and also the use of cucumber as a bioindicator plant for depollution. **Methods:** The experimental design used was completely randomized, arranged in a factorial 8 x 3 (phytoremediating species x doses). Phytotoxicity assessments of cover crops were carried out at 7 and 14 days after emergence (DAE). At 32 DAE, the phytoremediating species were sectioned close to the ground, measuring the leaf area (AF) and dry mass of the aerial part (DM). After determining the AF and DM, cucumber was sown as a bioindicator of herbicide residues in the soil. At 7, 14 and 21 DAE the phytotoxicity was evaluated and at 26 DAE the AF and DM of the cucumber were measured. **Results:** Signal grass and Sudan grass showed phytoremediation potential in soils contaminated with diuron up to a dose of 980 g ha⁻¹ and diuron + sulfentrazone, up to a dose of 980+490 g ha⁻¹. Jack bean and Rattlebox have the potential to phytoremediate soils with sulfentrazone up to a dose of 490 g ha⁻¹. **Conclusions:** Pearl millet, Signal grass, Velvet bean and Jack bean have the potential to phytoremediate soils with diuron + sulfentrazone. Sulfentrazone and diuron + sulfentrazone promoted greater toxic effects on the bioindicator plant.

Keywords: Cucumis sativus, soil depollution, phytoremediating species.

Resumo Gráfico:



1. Introdução

O Brasil é um dos maiores usuários de agrotóxicos, comercializando cerca de 27% do total aplicado no mundo (Sindiveg, 2020). Entre os agrotóxicos aplicados no Brasil, os herbicidas destacam-se como os mais utilizados com 47% do total comercializado (Sindiveg, 2021). Os herbicidas são utilizados pela praticidade, eficácia e menor custo quando comparados a outros métodos de controle de plantas daninhas infestantes de culturas agrícolas (Ramborger et al., 2017). Entretanto, o uso de herbicidas pode deixar resíduos no solo, permanecendo por um período mais longo que o ciclo da cultura em que foi aplicado, e consequentemente afetar as culturas de interesse econômico semeadas em sucessão, sendo esse processo conhecido como *carryover* (Camacho et al., 2022).

Os herbicidas pré-emergentes são usados para controlar infestações do banco de sementes e proteger as culturas por mais tempo, ou seja, que as plantas daninhas não ocasionem efeito negativo já no início do ciclo da cultura. Porém, eles podem inviabilizar a rotação de culturas, visto que muitas espécies são sensíveis mesmo em baixas concentrações no solo. A manutenção dos herbicidas no ambiente depende das

propriedades do solo, como textura, argilominerais, pH e parâmetros biológicos que regulam a taxa de degradação microbológica, os quais irão influenciar nos processos de degradação, mineralização, adsorção, fixação e translocação (Galon et al., 2021).

A matéria orgânica do solo promove a redução da variação de temperatura e umidade do solo, permitindo condições favoráveis para a biomassa e a atividade microbiana, acelerando a biotransformação das moléculas dos herbicidas presentes no solo (Trevisan et al., 2016), além de favorecer a adsorção e a degradação dos herbicidas presentes no solo (Lourencetti et al., 2012), sendo fundamental no transporte, persistência e bioacumulação do pesticida (Galon et al., 2021).

Por outro lado, a cobertura com palhada no solo, pode impedir que os herbicidas aplicados na pré-emergência entre em contato com o solo, diminuindo o controle das plantas daninhas (Matos et al., 2016). A hidrossolubilidade dos herbicidas também influencia na permanência desses no solo, sendo que os mais solúveis são transportados com a água por processos de lixiviação ou percolação (Galon et al., 2021).

O herbicida diuron, pertencente ao grupo químico das uréias substituídas, e possui mecanismo de ação inibidor do Fotossistema II das plantas (Rodrigues e Almeida, 2018). Esse é recomendado para as culturas de algodão, cana-de-açúcar, citros e café, apresentando persistência no solo média de 40 a 91 dias após a sua aplicação, sendo maior em solos com elevado teor de matéria orgânica, e sua persistência é dependente dos atributos físicos e químicos dos solos (Rodrigues e Almeida, 2018). A correção do pH do solo favorece a sua degradação apenas em solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica (Rocha et al., 2013). Segundo Liu et al. (2010) a adsorção de diuron no solo diminui com o aumento do pH. Dos Reis et al. (2017) afirmam ainda que o diuron tem baixa mobilidade no solo, permanecendo mais na camada superficial do solo.

O sulfentrazone, pertence ao grupo químico das triazolonas, em que o mecanismo de ação é inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) e atua na síntese da clorofila (Rodrigues e Almeida, 2018). É muito utilizado nas culturas de soja, cana-de-açúcar, café, fumo, citros e abacaxi (Agrofit, 2023), sendo persistente no solo (Belo et al., 2016), além de apresentar efeito residual prolongado no solo de 601 dias após a aplicação (DAA) na dose de 0,6 kg ha⁻¹ e 704 DAA na dose de 1,20 kg ha⁻¹ (Blanco et al., 2010), podendo variar com o tipo de solo e condições ambientais. A sorção é influenciada pelo pH do solo e teor de matéria orgânica (Freitas et al., 2014), sendo que os microrganismos ajudam na degradação do sulfentrazone (Li et al., 2021).

A mistura comercial dos herbicidas diuron e sulfentrazone é utilizada no manejo de plantas daninhas nos sistemas de produção das culturas de cana-de-açúcar, café, soja, citrus e eucalipto (Agrofit, 2023). Riley e Bradley (2014) destacam um possível

sinergismo entre esses, aumentando o espectro de controle, além de auxiliar no manejo de espécies resistentes a outros herbicidas. Essa mistura comercial (diuron + sulfentrazone) tem sido utilizada para controlar plantas daninhas tolerantes ou resistentes, principalmente ao glyphosate em lavouras de soja (Santin et al., 2019). Por exemplo, aplicou-se diuron + sulfentrazone para o controle de *Amaranthus hybridus* resistente aos herbicidas inibidores de EPSPs e ALS (Heap, 2023) obtendo-se bom controle dessa planta daninha infestante da soja (Martins et al., 2020).

Uma das ferramentas utilizada na descontaminação de solos por herbicidas é a técnica conhecida como fitorremediação (Zhang et al., 2020). A fitorremediação compreende uma das principais formas de descontaminação de substâncias orgânicas e inorgânicas no solo, sendo economicamente viável e com um baixo impacto ambiental (Alves et al., 2019). O mecanismo responsável pela fitorremediação de herbicidas em cada uma dessas moléculas, ainda não está bem elucidado. No caso do sulfentrazone, a fitodegradação é o mecanismo mais favorável, considerando-se a possibilidade de completa mineralização do contaminante por esta via (Madalão et al., 2012).

Nos últimos anos várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com objetivo de empregar a fitorremediação para descontaminar solos tratados com herbicidas, como sulfentrazone (Madalão et al., 2013), atrazine e chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl (Galon et al., 2017), sulfentrazone e fomesafen (Alves et al., 2019), diclosulam (Silva et al., 2021), entre outros. Muitas espécies vegetais têm sido testadas para fitorremediar solos contaminados com herbicidas, e contribuir com a melhoria das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo em período de pousio, servir de alimentação para animais, produção de palhada para adoção do sistema de plantio direto e/ou para produção de grãos. Belo et al. (2016) avaliaram muitas espécies de plantas para descontaminação do solo tratado com sulfentrazone e observaram que o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) apresentou maior potencial fitorremediador. Galon et al. (2017) relatam maior potencial de fitorremediação de solo contaminado com chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine utilizando a soja-preta (*Glycine max*) e o capim-colonião (*Panicum maximum*), respectivamente.

No entanto novas pesquisas são necessárias quanto a fitorremediação dos herbicidas diuron, sulfentrazone e a mistura de ambos (diuron + sulfentrazone) a fim de promover alternativas mais seguras e sustentáveis para utilização desses herbicidas em sistemas com sucessão/rotação de culturas, especialmente na Região Norte do Rio Grande do Sul, onde se cultiva soja e tem-se uso desses produtos para o controle de plantas daninhas resistentes ou tolerantes ao glyphosate.

Para avaliar o potencial fitorremediador das espécies cultivadas após a aplicação dos herbicidas pode-se usar uma planta bioindicadora de resíduo, que seja sensível ao (s)

produto (s) aplicado (s), bem como ser de simples cultivo, rápido desenvolvimento e facilmente controlada (Silva et al. 2021). O trigo (*Triticum spp.*) se mostrou sensível na presença dos herbicidas imazaquin, metribuzin, atrazina e indaziflam (Marchesan et al., 2011; Dias et al., 2019). Ao utilizar o pepino (*Cucumis sativus*) como bioindicadora de herbicidas no solo foi identificado sensibilidade à aplicação de sulfentrazone, fomesafen, chlorimuron-ethyl, sulfometuron-methyl e atrazine, sendo essa espécie a mais utilizada para esse fim.

Espera-se que as coberturas de verão milheto (*Pennisetum glaucum*), brachiaria (*Brachiaria decumbens*), mucuna (*Mucuna pruriens*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), capim sudão (*Sorghum sudanense*), crotalária (*Crotalaria juncea*) e a mistura de crotalária + capim sudão sejam capazes de fitorremediar o solo contaminado com diuron, sulfentrazone e sulfentrazone + diuron aplicados em diferentes doses, assim como acredita-se que o pepino seja eficiente para indicar a presença ou ausência desses herbicidas no solo.

Diante disso o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de espécies vegetais semeadas no verão para fitorremediação de solo contaminado com diferentes doses de diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone, e ainda o uso de pepino como planta bioindicadora da despoluição do solo tratado com os produtos.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim. As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Streck et al., 2018), previamente corrigido e adubado de acordo com a recomendação para cada cultura utilizada (SBCS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 4,8; M.O. = 4,9%; P = 7,1 mg dm⁻³; K = 408,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,4 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 38,6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 12,3 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 8,9 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 14,8 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,2 cmol_c dm⁻³; Saturação de bases = 58%; e Argila = 56%.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 8 x 3 x 3, com três repetições. No fator A alocou-se as espécies com potencial fitorremediador: milheto (*Pennisetum glaucum*), brachiaria (*Brachiaria decumbens*), mucuna (*Mucuna pruriens*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), capim sudão (*Sorghum sudanense*), crotalária (*Crotalaria juncea*), as misturas de crotalária + capim sudão e solo sem cultivo (testemunha). No Fator B foram dispostos os herbicidas diuron, sulfentrazone e a mistura comercial composta por diuron + sulfentrazone, sendo

os nomes comerciais, Diuron Nortox 500 SC, Boral[®] 500 SC e Stone[®], respectivamente. E no Fator C foram aplicadas as doses dos herbicidas diuron (0,0; 490 e 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0,0; 245 e 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0,0; 490+245 e 980+490 g ha⁻¹). Essas doses correspondem, respectivamente, sem aplicação de herbicida (0x), a dose recomendada (1x) e o dobro da dose recomendada (2x) da mistura comercial de diuron + sulfentrazone (Stone[®]). O Stone[®] tem sido aplicado para o controle de plantas daninhas infestantes da cultura da soja na Região do Alto Uruguai Gaúcho na dose de 1,4 L ha⁻¹ de produto comercial. Para o diuron e o sulfentrazone aplicados em isolado usou-se a dose de ativo que cada um compõem a dose recomendada na mistura, ou seja, 490 e 245 g ha⁻¹, respectivamente.

A primeira etapa do experimento consistiu no cultivo das espécies fitorremediadoras nos vasos plásticos de 8 dm³ preenchidos com solo, coletado na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em área sem histórico de aplicação de herbicidas, sendo esse peneirado com peneira de 4 mm de malha, posteriormente a coleta.

A semeadura das espécies com potencial fitorremediador foi realizada um dia antes da aplicação dos herbicidas, distribuindo-se 10 sementes em cada unidade experimental, sendo que após a germinação foi realizada o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. Para o bom desenvolvimento das plantas adubou-se os vasos e ainda foi irrigado diariamente, com umidade em torno de 80% da capacidade de campo. Os herbicidas foram aplicados utilizando um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, equipado com duas pontas de pulverização tipo leque DG 110.02, sob pressão constante de 2,0 kgf cm⁻² e velocidade de deslocamento em torno de 3,6 km h⁻¹, o que proporciona uma vazão de 150 L ha⁻¹ de calda de herbicida.

Aos 7 e 14 dias após a emergência (DAE) foram realizadas as avaliações de fitotoxicidade das espécies com potencial fitorremediador. A fitotoxicidade foi avaliada de forma visual por dois avaliadores, atribuindo-se notas de zero (ausência de injúria) a 100% (morte das plantas) de acordo com a metodologia proposta pela SBPCPD (1995).

Aos 32 DAE, as espécies fitorremediadoras foram seccionadas rente ao solo para determinação da área foliar - AF (cm² vaso⁻¹) e a massa seca da parte aérea - MS (g vaso⁻¹). Para a determinação da AF utilizou-se um medidor eletrônico de área foliar (LICOR-3100), quantificando-se a variável em todas as plantas em cada tratamento. Após a determinação da AF as plantas foram acondicionadas em sacos de papel *Kraft* e postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 60±5°C, até o material atingir massa constante para aferir-se a MS das espécies. Essa etapa teve como objetivo avaliar, dentre as espécies, qual delas iria tolerar melhor os herbicidas e as diferentes doses utilizadas.

Para a segunda etapa do experimento utilizou-se o mesmo solo que se conduziu as plantas com potencial fitorremediador, esse foi peneirado, adubado de acordo com o recomendado para a cultura utilizada como bioindicadora da presença dos herbicidas diuron, sulfentrazone e a mistura comercial composta por diuron + sulfentrazone, o pepino (*Cucumis sativus*), cultivar Pioneiro. Foram semeadas quatro sementes de pepino por vaso na profundidade de 0,5 cm, sendo que após a emergência das plântulas, foi feito o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso.

A avaliação da fitotoxicidade das plantas bioindicadora (pepino) ocorreu aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE). Aos 26 DAE foram avaliadas a AF e a MS da cultura bioindicadora. As metodologias utilizadas para determinar a fitotoxicidade, AF e MS dessa segunda etapa foram as mesmas descritas na primeira etapa.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, em havendo significância aplicou-se o teste de Tukey. Todos os dados foram analisados a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa computacional Winstat (Machado, 2002).

3. Resultados e Discussão

3.1 Ensaio com espécies com potencial de fitorremediação

Ocorreu interação entre os fatores testados, coberturas, doses e herbicidas para as avaliações de fitotoxicidade das coberturas com potencial fitorremediador dos 7 e 14 DAE (Tabela 1).

3.1.1 Comparação entre os herbicidas na avaliação de fitotoxicidade

A aplicação de diuron + sulfentrazone na dose recomendada (1x), apresentou a maior fitotoxicidade ao se comparar ao diuron e ao sulfentrazone usados de modo isolado às culturas de milho e brachiária, aos 7 e 14 DAE (Tabela 1). Já o diuron (1x) demonstrou maior efeito de fitotoxicidade ao ser usado sobre a mucuna. Para o capim sudão o uso de diuron + sulfentrazone e de sulfentrazone (1x) apresentaram maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso isolado de diuron aos 7 DAE. O sulfentrazone quando aplicado sobre a crotalária demonstrou a menor fitotoxicidade, aos 7 DAE, ao se comparar com os demais herbicidas. Em relação a mistura composta por crotalária + capim sudão observou-se que somente o diuron não ocasionou fitotoxicidade a essas coberturas, os demais herbicidas, sulfentrazone e a mistura de diuron + sulfentrazone demonstram injúrias iguais estatisticamente entre si, porém com maior efeito tóxico ao observado ao diuron aos 7 e 14 DAE.

A aplicação de diuron + sulfentrazone no dobro da dose (2x), apresentou a maior fitotoxicidade ao se comparar ao diuron e ao sulfentrazone para as culturas de milheto, brachiária, crotalária e para a mistura crotalária + capim sudão aos 7 DAE (Tabela 1). Já o diuron e o sulfentrazone isolados (2x) demonstraram maior efeito de fitotoxicidade ao serem usados sobre a mucuna. Para o capim sudão o uso de sulfentrazone (2x) apresentou maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso isolado de diuron e diuron + sulfentrazone aos 7 DAE. Em relação a mistura composta por crotalária + capim sudão observou-se que somente o diuron não ocasionou fitotoxicidade a essas coberturas quando comparado a sulfentrazone e diuron + sulfentrazone aos 7 DAE.

Os herbicidas diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone aplicados em todas as doses demonstraram fitotoxicidade iguais estatisticamente, aos 7 e 14 DAE (Tabela 1), com valor abaixo de 22% para o feijão de porco, considerado baixo nesse caso. Teófilo et al. (2020) ao testarem algumas espécies para fitorremediar diuron presente no solo, e dentre essas avaliaram o feijão de porco, demonstrando-se tolerante ao diuron, o que se assemelha aos resultados do presente estudo.

Aos 14 DAE a mucuna se mostrou sensível a aplicação de diuron, sulfentrazone e de diuron + sulfentrazone em todas as doses avaliadas (1 ou 2x), com fitotoxicidade superior a 30%. Já para o capim sudão o uso de sulfentrazone (1 ou 2x) apresentou maior fitotoxicidade ao se comparar a aplicação de diuron e de diuron + sulfentrazone nessa mesma época de avaliação. Todos os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) aplicados na dose recomendada demonstraram fitotoxicidade iguais estatisticamente aos 14 DAE, para a crotalária, e com valores baixos, menor que 22% (Tabela 1). Porém ao se aplicar o dobro da dose de diuron + sulfentrazone esse demonstrou a maior fitotoxicidade ao se comparar com os demais herbicidas. A mistura das espécies apresentou a maior fitotoxicidade ao se usar o diuron + sulfentrazone no dobro da dose (2x), e igualaram-se estatisticamente a aplicação da mistura e diuron ao se usar 1x a dose, aos 14 DAE (Tabela 1).

O fato de haver diferenciação entre os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) quando aplicados sobre as coberturas avaliadas no presente estudo deve-se a diferença de tolerância que essas apresentam aos produtos, ou seja, conseguem metabolizar e livrarem-se dos efeitos tóxicos. Algumas espécies, como o feijão de porco e a crotalária demonstraram menor fitotoxicidade que as demais, independentemente do herbicida e doses desses. Fato esse também foi verificado por Madalão et al. (2012; 2013), Belo et al. (2016) e Ferraço et al. (2017), que também utilizaram essas espécies, e verificaram o potencial para fitorremediar sulfentrazone presente no solo. Pires et al. (2005) e Teófilo et al. (2020) confirmaram também o potencial para a espécie feijão de porco despoluir solo contaminado com tebuthiuron e diuron, respectivamente, ambos

com o mesmo mecanismo de ação. Silva et al. (2021) encontrou potencial fitorremediador para feijão de pogo em solo contaminado com diclosulam.

3.1.2 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de fitotoxicidade

O incremento de doses do herbicida diuron (0, 1x e 2x) somente ocasionou diferenças significativas quando aplicado na mucuna, sendo que a maior dose proporcionou a maior fitotoxicidade, com 98% aos 7 DAE (Tabela 1). Para as demais culturas não ocorreu diferenças entre se aplicar qualquer uma das doses de diuron. Esse fato indica que a mucuna é muito sensível à ação desse herbicida, independente da dose empregada. Silva et al. (2012) avaliaram três espécies de mucuna e verificaram que todas são sensíveis à amicarbazone, pertencente ao mesmo mecanismo de ação do diuron, o que corrobora em partes aos resultados observados na presente pesquisa.

Aos 14 DAE houve aumento generalizado da fitotoxicidade para todas as espécies com potencial fitorremediador, para todos os herbicidas e doses aplicados (Tabela 1). O incremento de doses do herbicida diuron (0, 1 e 2x) somente ocasionou diferenças significativas quando aplicado na brachiária e na mistura crotalária + capim sudão, sendo que a maior dose proporcionou a maior injúria, com 31.7% e 15.0% de fitotoxicidade, respectivamente (Tabela 1). Nas demais culturas não ocorreu diferenças em aplicar as doses de 1 e 2 x de diuron, em função que as demais espécies provavelmente são tolerantes a dose 2x.

O incremento de doses de sulfentrazone (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado sobre as culturas milheto, brachiária, mucuna e capim sudão (Tabela 1). O dobro da dose de sulfentrazone proporcionou a maior fitotoxicidade aos 7 DAE, com mais de 50% e chegando próximo de 100% para mucuna e capim sudão. Para a mistura de crotalária + capim sudão não houve diferença entre as doses aplicadas (1 e 2x), diferindo somente da dose zero (sem aplicação de herbicida). Não houve diferença de fitotoxicidade ao aplicar as três doses de sulfentrazone para as culturas, feijão de porco e crotalária aos 7 DAE. Desse modo percebe-se que o sulfentrazone demonstrou seletividade, independentemente da dose aplicada para o feijão de porco e a crotalária, como já observado em outros estudos (Madalão et al., 2012; 2013; Belo et al., 2017).

Observou-se que o incremento das doses de sulfentrazone (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado sobre a brachiária, mucuna, capim sudão e a mistura de crotalária + capim sudão, sendo que a dose mais elevada proporcionou a maior fitotoxicidade aos 14 DAE, com valores entre 47 e 98% (Tabela 1). Para o milheto e feijão de porco não houve diferenças entre as doses, diferindo somente da dose zero (sem aplicação de herbicida). No entanto, a porcentagem de fitotoxicidade para o

milheto foi superior a 63% na dose recomendada e no feijão de porco menor que 15%, ao se usar o dobro da dose desse herbicida. Isso indica que o sulfentrazone tem maior efeito sobre o milheto do que sobre o feijão de porco, independente da dose aplicada. Efeito similar a esse foi observado por Belo et al. (2011) ao aplicar sulfentrazone sobre a espécie lab lab em sucessão de sorgo.

Ao se aplicar as três doses de sulfentrazone em crotalaria aos 14 DAE não se observou diferenças de fitotoxicidade, com porcentagem inferior a 13%, considerada baixa (Tabela 1). Conforme já demonstrado anteriormente a crotalaria se mostra tolerante à ação de sulfentrazone, com potencial para fitorremediar esse herbicida. Madalão et al. (2012, 2013) também relataram o potencial da crotalaria em fitorremediar solos contaminados com sulfentrazone.

Ao se aplicar o herbicida diuron + sulfentrazone, o incremento de doses (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado sobre o milheto, a brachiária, a mucuna, a crotalaria e a mistura de crotalaria + capim sudão (Tabela 1). A dose mais elevada da mistura proporcionou aumento da fitotoxicidade aos 7 DAE, com percentual maior que 30%, chegando próximo a 100% no milheto e na brachiária. Para o capim sudão não houve diferença entre as doses aplicadas, diferindo somente da dose zero. Teófilo et al. (2020) também encontrou elevada fitotoxicidade ao milheto quando tratado com o diuron, e Dan et al. (2011) comprovou sensibilidade de milheto ao sulfentrazone.

Somente em feijão de porco não se observou aumento de fitotoxicidade com o incremento da dose de diuron + sulfentrazone aos 7 DAE, demonstrando novamente a tolerância dessa espécie aos três herbicidas utilizados nas diferentes doses (Tabela 1). Belo et al. (2016) ao avaliarem o potencial fitorremediador de diferentes espécies relatam a eficiência da crotalaria e do feijão de porco em despoluirm solos contaminados com sulfentrazone, descrevendo que o feijão de porco é o mais eficiente do que a crotalaria.

O uso de diuron + sulfentrazone, ocasionou diferenças significativas quando se aumentou as doses (0, 1 e 2x) sobre a brachiária, mucuna, crotalaria e a mistura de crotalaria + capim sudão, sendo que a aplicação do dobro da dose proporcionou a maior fitotoxicidade, superior a 35%, chegando próximo de 100% no milheto, brachiária e mucuna aos 14 DAE (Tabela 1). Para o milheto, feijão de porco e capim sudão não houve diferença entre as doses, somente para o tratamento sem aplicação de herbicida, aos 14 DAE. Desse modo percebe-se que o milheto é altamente sensível à aplicação de ambas as doses de diuron + sulfentrazone, e que o feijão de porco e capim sudão são tolerantes a herbicida. Fato similar foi constatado por Sousa et al. (2019) ao aplicar esse herbicida sobre as gramíneas capim-marmelada e capim-camalote, sendo essas

altamente sensíveis à ação deste produto, assim como Dan et al. (2011) que comprovou sensibilidade de milho em solo contaminado com sulfentrazone.

3.1.3 Comparação entre espécies na avaliação de fitotoxicidade

A aplicação da dose recomendada de diuron (1x) ocasionou os maiores efeitos fitotóxicos sobre a mucuna aos 7 e 14 DAE, os demais tratamentos foram inferiores a esse e igualaram-se estatisticamente entre si (Tabela 1). O uso do dobro da dose de diuron (2x), novamente ocasionou maior fitotoxicidade a mucuna aos 7 e 14 DAE, e menor sobre a mistura composta de crotalária + capim sudão aos 7 DAE e crotalária aos 14 DAE. Os demais tratamentos ficaram em patamares intermediários ou igualaram-se entre si. Desta forma, a mucuna demonstrou menor potencial para fitorremediar diuron com a aplicação da dose 1 e 2x de diuron, enquanto a mistura de crotalária + capim sudão ou utilizadas separadamente apresentaram capacidade para fitorremediar diuron.

Mesmo que diuron seja utilizado no controle de plantas daninhas de folhas largas e gramíneas, a mistura de crotalária + capim sudão mostrou-se mais tolerante à ação desse produto, pois causou baixa fitotoxicidade a essas espécies mesmo quando utilizado o dobro da dose (980 g ha^{-1}), e quando elas foram utilizadas separadamente, alcançando máximo de fitotoxicidade de 18,3% aos 14 DAE (Tabela 1). Ressalta-se ainda, que esse herbicida não é indicado para o controle do capim sudão e crotalária, e por isso, pode ter causado baixa fitotoxicidade a essas espécies (Agrofit, 2023), provavelmente pela capacidade que essas apresentam de metabolizar o produto.

A aplicação da dose de sulfentrazone (1x) ocasionou maior fitotoxicidade ao milho dos 7 aos 14 DAE, e menor sobre a crotalária, sendo que os demais tratamentos apresentaram valores intermediários ou igualaram-se entre si (Tabela 1). Esse aumento progressivo de fitotoxicidade provavelmente deve estar relacionado com a longa persistência desse herbicida no solo que pode chegar a mais de 700 dias (Blanco et al., 2010).

Aos 7 e 14 DAE o uso do dobro da dose de sulfentrazone (2x) ocasionou maior fitotoxicidade a mucuna e menor sobre o feijão de porco e crotalária (Tabela 1). Silva et al. (2012) ao testarem *Mucuna aterrima*, *M. cinerea* e *M. deeringiana* confirmam a sensibilidade dessa espécie ao sulfentrazone. Aos 14 DAE ressalta-se ainda que o capim sudão não diferiu em fitotoxicidade com o milho, apresentando essas espécies baixo potencial para fitorremediar a dose de sulfentrazone (1x), assim como não houve diferenças da mucuna e do capim sudão ao ser aplicado o dobro da dose de

sulfentrazone, dos 7 aos 14 DAE. Os demais tratamentos ficaram em patamares intermediários ou igualaram-se entre si.

Desta forma, destaca-se o elevado potencial fitorremediador da crotalária e do feijão de porco para descontaminarem solos tratados com sulfentrazone, fato esse também constatado por Madalão et al., (2012; 2016) ao utilizarem 400 g ha^{-1} , dose essa inferior ao testado no presente estudo. O feijão de porco apresentou, em estudo de Madalão et al. (2013; 2016), sintomas de fitotoxicidade que foram diminuindo com o passar do tempo, sendo necessário um período de 75 DAE para fitorremediar o solo em níveis satisfatórios.

A aplicação da dose de diuron + sulfentrazone (1x) ocasionou maior fitotoxicidade ao milho aos 7 DAE e menor sobre o feijão de porco (Tabela 1). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários ou igualaram-se entre si. O uso do dobro da dose da mistura demonstrou maior fitotoxicidade ao milho e a brachiária, e menor novamente sobre o feijão de porco. Isso demonstra a eficiência desse herbicida no controle de monocotiledôneas (Agrofit, 2023), pois apresentou fitotoxicidade próxima de 100% para o milho com a aplicação do dobro da dose.

Aos 14 DAE o milho e a mucuna apresentaram a maior fitotoxicidade ao se aplicar a dose (1x) e o dobro (2x) de diuron + sulfentrazone. O feijão de porco demonstrou a menor fitotoxicidade com o uso de ambas as doses (Tabela 1). Ressalta-se ainda que a crotalária não diferiu em fitotoxicidade do capim sudão ao se aplicar o dobro da dose de diuron + sulfentrazone, com índices superiores a 30% dos 7 aos 14 DAE. Os demais tratamentos demonstraram efeitos intermediários ou apresentaram semelhanças entre si em relação à fitotoxicidade. Desse modo destaca-se o bom potencial fitorremediador do feijão de porco e da crotalária para despoluir solo tratado com diuron + sulfentrazone.

3.1.4 Comparação entre herbicidas na avaliação de área foliar

As espécies fitorremediadoras que não receberam doses de herbicidas apresentaram variações de área foliar (AF), sendo que o cultivo sem aplicação de diuron + sulfentrazone mostraram-se, em geral, com menor AF quando comparada as espécies que não receberam diuron e sulfentrazone, exceto as espécies milho e feijão de porco (Tabela 2). Essa variação possivelmente pode estar relacionada ao posicionamento das plantas no interior da casa de vegetação.

A aplicação de diuron na dose recomendada (1x), apresentou a maior AF ao se comparar ao sulfentrazone e ao diuron + sulfentrazone para a brachiária, capim sudão e a mistura de crotalária + capim sudão (Tabela 2). Para o milho o uso de diuron e diuron

+ sulfentrazone (1x) refletiu em maior AF ao se comparar com o uso isolado de sulfentrazone. Já a aplicação de diuron utilizando o dobro da dose (2x) ocasionou em maior AF ao se comparar ao sulfentrazone e ao diuron + sulfentrazone para o milho, capim sudão e mistura crotalária + capim sudão. À brachiária o uso de diuron e sulfentrazone (2x) demonstrou maior AF ao se comparar com a mistura diuron + sulfentrazone. As espécies mucuna e crotalária não diferiram em AF ao se aplicar a dose 1x e 2x dos três herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone). O feijão de porco obteve maior AF ao aplicar as doses 1x e 2x do herbicida diuron + sulfentrazone quando comparado a diuron e sulfentrazone aplicados isoladamente. O ocorrido com a crotalária e com o feijão de porco em relação a AF reflete os resultados obtidos de fitotoxicidade (Tabela 1) demonstrando que essas espécies apresentam maior tolerância ao se aplicar esses herbicidas. Fato esse também constatado por Madalão et al. (2012), Belo et al. (2016), Ferraço et al. (2017), entre outros.

3.1.5 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de área foliar

O incremento de doses do herbicida diuron (0, 1x e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado na brachiária e feijão de porco, sendo que a maior dose proporcionou menor AF (Tabela 2). Ao contrário ocorreu para o capim sudão, que ao aumentar a dose, aumentou AF, mas não diferiu da AF da dose zero. Isso deve ter ocorrido em razão de que o capim sudão mostrou-se pouco sensível ao se aplica o dobro da dose desse herbicida, apresentando fitotoxicidade relativamente baixa (18.7%) quando comparado as demais espécies (Tabela 1). Não houve diferença significativa de AF para as espécies milho e, crotalária com o incremento das doses de diuron, e as espécies mucuna e crotalária + capim sudão não diferiram significativamente em AF quando comparado as três doses.

Os resultados demonstram que o incremento das doses (0, 1x e 2x) de sulfentrazone ocasionou diferenças significativas quando aplicado sobre a mucuna e a mistura de crotalária + capim sudão, sendo que a maior dose proporcionou menor AF (Tabela 2). Para o milho e capim sudão não ocorreu diferença entre as doses aplicadas (1 e 2x), diferindo somente da dose zero (sem herbicida). Ressalta-se também que não houve diferença de AF ao se aplicar as três doses de sulfentrazone para as espécies brachiária, feijão de porco e crotalária. Conforme já demonstrado anteriormente as espécies crotalária e feijão de porco mostram-se tolerante à ação de sulfentrazone, corroborando com os resultados de fitotoxicidade (Tabela 1), tendo essas espécies potencial para fitorremediar sulfentrazone. Esses resultados concordam com os obtidos

por Madalão et al. (2012; 2016) e Ferraço et al. (2019) ao confirmarem a eficiência dessas plantas em fitorremediar solos tratados com sulfentrazone.

Ao se aplicar diuron + sulfentrazone, o aumento de doses (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado sobre milheto, brachiária, feijão de porco e a mistura crotalária + capim sudão, sendo que a maior dose proporcionou menor AF (Tabela 2). Para a mucuna, capim sudão e crotalária não houve diferença entre as três doses avaliadas, demonstrando novamente a tolerância da crotalária à mistura de diuron + sulfentrazone, corroborando com que foi observado nos dados de fitotoxicidade (Tabela 1). Alves et al. (2018) também testaram a mucuna como espécie fitorremediadora, e esta foi eficiente em fitorremediar sulfentrazone para posterior cultivo da canola.

3.1.6 Comparação entre os herbicidas na avaliação de massa seca

A massa seca (MS) das espécies vegetais diferiu mesmo quando não houve a aplicação de herbicidas (dose zero), sendo que a dose zero de sulfentrazone refletiu em maior MS quando comparada às plantas que não receberam diuron e diuron + sulfentrazone (Tabela 3). Essa variação também foi observada para a AF (Tabela 2), fato já explicado anteriormente.

A aplicação de diuron na dose recomendada (1x) refletiu em maior MS ao se comparar ao sulfentrazone e ao diuron + sulfentrazone para o milheto, brachiária e capim sudão (Tabela 3). Para o feijão de porco o uso de diuron + sulfentrazone (1x) ocasionou em maior MS ao se comparar com o uso isolado de diuron e sulfentrazone. Já a mistura de crotalária + capim sudão mostrou-se com maior MS com a aplicação da dose (1x) de sulfentrazone quando comparado aos demais herbicidas. A crotalária obteve maior MS com a aplicação de sulfentrazone e diuron + sulfentrazone (1x). Todos os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) aplicados na dose recomendada demonstraram MS iguais estatisticamente para a espécie mucuna (Tabela 3).

O uso do dobro da dose (2x) de diuron em milheto e capim sudão apresentaram maior MS ao se comparar com sulfentrazone e diuron + sulfentrazone (Tabela 3). A mistura de crotalária + capim sudão não diferiu em MS ao se aplicar as duas maiores doses de diuron e sulfentrazone. As espécies, brachiária e mucuna não mostraram diferença estatística de MS ao se aplicar os três herbicidas utilizando o dobro da dose (2x). Já as espécies feijão de porco e crotalária com o uso de sulfentrazone (2x) refletiu em maior MS ao se comparar com diuron e a mistura diuron + sulfentrazone, corroborando com os dados de fitotoxicidade (Tabela 1) e AF (Tabela 2).

3.1.7 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de massa seca

O incremento de doses do herbicida diuron (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado na brachiária e na mistura de crotalária + capim sudão, sendo que a maior dose proporcionou menor MS, não diferindo da dose zero (Tabela 3). As espécies capim sudão e crotalária não diferiram significativamente em MS quando comparado às doses 1x e 2x de diuron, e não houve diferença significativa de MS para as espécies milho, mucuna e feijão de porco para as três doses avaliadas.

Aplicando o sulfentrazone, a espécie crotalária não diferiu significativamente em MS para nenhuma das três doses avaliadas (Tabela 3). O incremento de doses (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado sobre a mistura crotalária + capim sudão, sendo que a maior dose proporcionou menor MS. Ao contrário ocorreu para o feijão de porco, em que o aumento de dose favoreceu o aumento da MS, ficando igual estatisticamente a MS de quando não foi aplicado o herbicida (0x). Esse resultado corrobora com os resultados de fitotoxicidade (Tabela 1) e de AF (Tabela 2), indicando que essa espécie está entre as que melhor se adapta ao ambiente contendo sulfentrazone. Fato semelhante a esse foi encontrado por Galon et al. (2017) em que o capim colonião com o incremento das doses de atrazine demonstrou aumento de MS, tendo assim potencial para fitorremediar o herbicida. As demais espécies não diferiram em MS ao se aplicar a dose 1x ou 2x de sulfentrazone.

O aumento de MS para o feijão de porco e a manutenção da MS da crotalária com o uso do dobro da dose de sulfentrazone reafirma o potencial fitorremediador (Tabela 1) dessas espécies para esse herbicida. Além disso, Belo et al. (2016) relatam que essas plantas podem estar contribuindo para a fixação do nitrogênio atmosférico e adição de carbono ao solo, o que é essencial para aumentar produtividade, contribuindo assim para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Esses resultados corroboram com os encontrados por Madalão et al. (2012; 2016) ao afirmarem que a crotalária e o feijão de porco são resistentes ao sulfentrazone, apresentando potencial para fitorremediar esse herbicida na dose de 400 g ha⁻¹. De acordo com os mesmos autores, essas culturas podem favorecer o ambiente rizosférico, já que os compostos liberados pelas raízes estimulam o crescimento e a atividade dos microrganismos degradadores das moléculas de sulfentrazone, podendo até mesmo mantê-las inativas no solo.

Ao aplicar o diuron + sulfentrazone, o incremento de doses (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando usado sobre as culturas feijão de porco, crotalária e a mistura de crotalária + capim sudão, sendo que a maior dose proporcionou menor MS (Tabela 3). Para o milho, brachiária e capim sudão não houve diferença entre as doses

aplicadas, diferindo somente da dose zero (sem aplicação de herbicida). Somente na espécie mucuna não se observou diminuição de MS com o aumento da dose desse herbicida.

A elevada fitotoxicidade (próximo de 100%) causada por diuron + sulfentrazone às espécies de milho e brachiária refletiu em valores muito baixos de MS (Tabela 3). O mesmo ocorreu com a mucuna quando a fitotoxicidade foi de 98% ao se aplicar o dobro da dose de diuron e sulfentrazone em ambas as avaliações.

3.2 Ensaio com espécie bioindicadora – pepino

3.2.1 Comparação entre os herbicidas na avaliação de fitotoxicidade

Ocorreu interação entre os fatores testados, planta bioindicadora (pepino), doses e herbicidas para as avaliações de fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 DAE (Tabelas 4, 5 e 6).

A fitotoxicidade causada às plantas de pepino pelo diuron mostrou-se predominante menor com o uso da dose recomendada (1x) e do dobro da dose (2x) quando comparado aos herbicidas sulfentrazone e diuron + sulfentrazone em todas as avaliações realizadas (Tabela 4).

A aplicação de sulfentrazone na dose recomendada (1x) apresentou a maior fitotoxicidade ao se comparar ao diuron e ao diuron + sulfentrazone para o pepino semeado em sucessão do milho, feijão de porco, capim sudão e crotalaria aos 7 DAE (Tabela 4). Para o pepino em sucessão da brachiária e da mucuna o uso de diuron + sulfentrazone e de sulfentrazone (1x) apresentaram maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso isolado de diuron aos 7 DAE. Enquanto que ao se usar o dobro da dose recomendada de sulfentrazone (2x), a maior fitotoxicidade foi observada para o pepino em sucessão de capim sudão e crotalaria ao se comparar ao diuron e ao diuron + sulfentrazone.

Para os pepinos semeados em sucessão da mucuna o uso de sulfentrazone e de diuron + sulfentrazone apresentaram maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso isolado de diuron aos 7 e 14 DAE (Tabelas 4 e 5). O cultivo da planta bioindicadora após as espécies de brachiária e de feijão de porco apresentou maior fitotoxicidade com o uso de diuron + sulfentrazone (2x) ao se comparar com o diuron e sulfentrazone em isolados aos 7 DAE. Todos os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) aplicados na maior dose (2x) demonstraram fitotoxicidades iguais estatisticamente aos 7 DAE, com valor abaixo de 12% para o milho, sendo este considerado baixo.

Ressalta-se que a mistura de crotalaria + capim sudão refletiu em maior efeito fitotóxico sobre as plantas de pepino para as duas doses aplicadas de diuron + sulfentrazone (1 e 2x) atingindo 100% de fitotoxicidade, o que ocasionou a morte das plantas de pepino. Isso

também ocorreu para a fitotoxicidade do pepino que sucedeu o solo sem cultivo prévio, em que ocorreu 100% de fitotoxicidade ao se aplicar diuron + sulfentrazone nas avaliações realizados aos 7, 14 e 21 DAE (Tabelas 4, 5 e 6).

A aplicação de sulfentrazone na dose recomendada (1x) aos 14 DAE apresentou a maior fitotoxicidade ao se comparar ao diuron e ao diuron + sulfentrazone para o pepino em sucessão de crotalária (Tabela 5). Para os pepinos semeados após o milho, brachiária e do feijão de porco o uso de sulfentrazone e de diuron + sulfentrazone (1x) apresentaram maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso isolado de diuron aos 14 DAE. A planta de pepino em sucessão do capim sudão com a aplicação de diuron e sulfentrazone isolados (1x) apresentou maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso de diuron + sulfentrazone aos 14 DAE. Já os pepinos em sucessão da mucuna com o uso de diuron + sulfentrazone (1x) apresentaram maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso isolado de diuron e sulfentrazone aos 14 DAE.

Observou-se ao se aplicar o dobro da dose de sulfentrazone (2x), maior fitotoxicidade para o pepino em sucessão do capim sudão ao se comparar ao diuron e ao diuron + sulfentrazone. O cultivo da planta bioindicadora sucessora de milho, brachiária, feijão de porco e crotalária apresentou maior fitotoxicidade com o uso de diuron + sulfentrazone (2x) ao se comparar ao uso de diuron e sulfentrazone de modo isolado aos 14 DAE (Tabela 5).

Aos 21 DAE, a aplicação de sulfentrazone na dose recomendada (1x) apresentou a maior fitotoxicidade ao se comparar ao diuron e ao diuron + sulfentrazone para as plantas de pepino semeadas em sucessão de milho, mucuna e crotalária (Tabela 6). Para os pepinos em sucessão da brachiária e do feijão de porco o uso de sulfentrazone e de diuron + sulfentrazone (1x) apresentaram maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso isolado de diuron aos 21 DAE. A planta de pepino em sucessão do capim sudão com a aplicação de diuron (1x) apresentou maior fitotoxicidade ao se comparar com o uso de sulfentrazone e de diuron + sulfentrazone aos 21 DAE.

Ao se utilizar o dobro da dose de sulfentrazone (2x), a maior fitotoxicidade aos 21 DAE (Tabela 6) foi observada para as plantas de pepino em sucessão de mucuna e capim sudão ao se comparar ao uso de diuron e diuron + sulfentrazone. O cultivo da planta bioindicadora sucessora das demais espécies apresentou maior fitotoxicidade utilizando diuron + sulfentrazone (2x) ao se comparar aos herbicidas diuron e sulfentrazone isolados.

Contudo, observa-se que a dose 1x de sulfentrazone e diuron + sulfentrazone ocasionam maior fitotoxicidade as plantas de pepino ao comparar ao diuron (1x). Enquanto que a dose 2x de diuron + sulfentrazone ocasionou maior fitotoxicidade a maioria das plantas de pepino quando comparados aos outros dois produtos.

Confirmando o que ocorreu com a fitotoxicidade causada às espécies com potencial fitorremediador (Tabela 1)

3.2.2 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de fitotoxicidade

O incremento de doses de diuron (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas nas plantas de pepino sucessoras do milho, brachiária, feijão de porco e no solo sem cultivo prévio, em que a maior dose proporcionou a maior fitotoxicidade aos 7 DAE (Tabela 4). A fitotoxicidade reduziu com a aplicação do dobro da dose ao pepino quando se cultivou anteriormente a mistura crotalária + capim sudão. Nas demais espécies não se observou efeito das doses 1x e 2x desse herbicida, possivelmente por serem tolerantes as doses aplicadas.

Aos 14 DAE, o aumento de doses do herbicida diuron ocasionou diferenças significativas às plantas de pepino sucessoras de brachiária, feijão de porco e no solo sem cultivo prévio, sendo a maior dose a que proporcionou a maior fitotoxicidade (Tabela 5). Ocorreu redução de fitotoxicidade ao pepino com a aplicação do dobro da dose para o cultivo em sucessão da mistura de crotalária + capim sudão e quando utilizado o capim sudão em isolado a injúria foi maior (25.0 %) quando se aplicou a dose recomendada de diuron. Essa redução de fitotoxicidade com o aumento da dose de diuron também foi observado aos 21 DAE (Tabela 6), alcançando valores máximos de 53% onde se cultivou anteriormente o capim sudão, e deve estar relacionado a um estímulo provocado pelo herbicida nessas plantas, fazendo com que elas se recuperem (Galon et al., 2017). Nas demais espécies não houve diferença significativa de fitotoxicidade com a aplicação das doses (1 e 2x) desse herbicida aos 14 DAE.

O o incremento das doses de diuron aos 21 DAE apresentou diferenças significativas às plantas de pepino sucessoras de brachiária e no solo sem cultivo prévio, proporcionando maior fitotoxicidade com a aplicação do dobro da dose (Tabela 6). As espécies milho, mucuna, feijão de porco e crotalária não apresentaram diferença significativa de fitotoxicidade às plantas de pepino com a aplicação das doses 1 e 2x desse herbicida.

Dessa forma, enfatiza-se que a espécie crotalária quando utilizadas separadamente apresentam potencial para fitorremediar as doses (1 e 2x) de diuron, enquanto que o capim sudão e a mistura de crotalária + capim sudão apresentam maior potencial para fitorremediar o dobro da dose de diuron.

O incremento das doses de sulfentrazone (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado às plantas de pepino sucessoras de brachiária, mucuna, capim sudão, a mistura de crotalária + capim sudão e solo sem cultivo prévio, em que a

maior dose (2x) proporcionou maior fitotoxicidade aos 7 DAE (Tabela 4). Ao contrário aconteceu com os cultivos em sucessão de feijão de porco e crotalária em que a maior dose (2x) proporcionou menor fitotoxicidade aos 7 e 14 DAE (Tabelas 4 e 5). Para o pepino sucessor de milho não houve diferença entre as doses aplicadas, diferindo somente da dose zero (sem aplicação de herbicida) aos 7 DAE.

Aos 14 DAE o aumento de doses de sulfentrazone proporcionou diferenças significativas às plantas de pepino sucessoras de milho, e nas culturas que sofreram maior fitotoxicidade com o aumento da dose aos 7 DAE (Tabela 4). Enquanto que o incremento das doses de sulfentrazone aos 21 DAE (Tabela 6) apresentou diferenças significativas as plantas de pepino sucessoras de mucuna, capim sudão e solo sem cultivo prévio, proporcionando maior fitotoxicidade com a aplicação da dose 2x. As espécies milho, brachiária, crotalária e a mistura crotalária + capim sudão não mostraram diferenças significativas de fitotoxicidade às plantas de pepino com a aplicação das doses 1 e 2x desse herbicida.

Ao se aplicar o diuron + sulfentrazone, o incremento de doses (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando os pepinos sucederam o milho, brachiária, mucuna, feijão de porco e capim sudão, sendo que a maior dose proporcionou maior fitotoxicidade aos 7 DAE (Tabela 4). Aos 14 e 21 DAE (Tabelas 5 e 6), somente não houve aumento de fitotoxicidade com o aumento da dose de diuron + sulfentrazone no pepino sucessor de feijão de porco. Isso provavelmente ocorre, porque o feijão de porco, como já demonstrado nesse trabalho apresenta tolerância ao sulfentrazone e potencial para fitorremediá-lo. Belo et al. (2016) e Madalão et al. (2016) relatam o potencial fitorremediador de feijão de porco quanto tratado o solo com o sulfentrazone e cultivado essa espécie para despoluir.

As plantas de pepino sucessoras dos cultivos de crotalária, da mistura crotalária + capim sudão e do solo sem cultivo prévio não mostraram diferenças significativas de fitotoxicidade nas plantas de pepino com a aplicação das doses 1x e 2x de diuron + sulfentrazone aos 7 DAE (Tabela 4). Pois as plantas morreram na primeira aplicação com a dose recomendada em ambos os tratamentos, indicando, respectivamente, elevada eficiência no controle de mono e dicotiledôneas pela mistura de diuron que atua sobre as gramíneas e sulfentrazone que controla dicotiledôneas e algumas monocotiledôneas (Sousa et al., 2019). O sulfentrazone apresenta ainda maior persistência no solo e longo efeito residual, maior que 700 dias com incremento da dose (Blanco et al., 2010) e, além disso, o pepino mostrou-se muito sensível à ação de diuron + sulfentrazone.

3.2.3 Comparação entre as espécies na avaliação de fitotoxicidade

Ao se comparar as espécies fitorremediadoras, a aplicação da dose 1x de sulfentrazone ocasionou menor fitotoxicidade às plantas de pepino sucessoras de milho, brachiária, crotalária + capim sudão e solo sem cultivo comparada as demais espécies aos 7 DAE (Tabela 4). Isso indica que as espécies antecessoras do pepino possuem potencial para fitorremediador a dose recomendada de sulfentrazone. Aos 14 DAE (Tabela 5) as plantas de pepino sucessoras de milho, seguida da brachiária apresentaram menor efeito fitotóxico da dose 1x de sulfentrazone, e aos 21 DAE (Tabela 6) as plantas de pepino sucessoras de mucuna e capim sudão apresentaram menor efeito fitotóxico da dose 1x de sulfentrazone, seguido das espécies milho, brachiária e crotalária + capim sudão, indicando que essas espécies se comportaram como melhores fitorremediadoras com o passar do tempo. Em contrapartida, a planta de pepino sucessora de feijão de porco apresentou maior fitotoxicidade na dose 1x de sulfentrazone aos 7, 14 e 21 DAE (Tabelas 4, 5 e 6) não apresentando essa espécie potencial para fitorremediar essa dose desse herbicida.

A aplicação do dobro da dose de sulfentrazone ocasionou menor fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras de milho, brachiária e crotalária + capim sudão comparada as demais espécies aos 7 DAE (Tabela 4). Essas plantas demonstraram potencial para fitorremediar ambas as doses de sulfentrazone, indicado que essas espécies são tolerantes aos efeitos fitotóxicos causados por sulfentrazone, mesmo sendo esse herbicida de amplo espectro, desenvolvido para controlar plantas daninhas mono e dicotiledôneas (Agrofit, 2023). Além disso, a baixa fitotoxicidade causada às plantas de pepino sucessoras do solo sem cultivo demonstra que os pepinos não são sensíveis à ação do sulfentrazone para as duas doses empregadas.

Aos 14 e 21 DAE (Tabela 5 e 6) as plantas de pepino sucessoras de milho, feijão de porco e crotalária apresentaram menor fitotoxicidade comparada as demais espécies ao aplicar a dose 2x de sulfentrazone, indicando que essas são possivelmente as plantas que melhor fitorremediam o dobro da dose de sulfentrazone com o passar do tempo, visto que esse herbicida tem longo efeito residual no solo (Blanco et al., 2010). Vários autores relatam o potencial fitorremediador de feijão de porco na presença de sulfentrazone presente no solo. Madalão et al. (2012; 2013) afirmam que a crotalária e feijão de porco são tolerantes ao sulfentrazone, apresentando potencial para fitorremediar esse herbicida na dose de 400 g ha⁻¹. Ferraço et al. (2019) confirmam essas afirmações e complementam que quanto maior o número de plantas de crotalária melhor é o efeito de fitorremediação.

Por outro lado, a aplicação da dose 2x de sulfentrazone ocasionou maior fitotoxicidade a planta de pepino sucessora do capim sudão aos 7, 14 e 21 DAE (Tabelas 4, 5 e 6), e da mucuna aos 14 DAE (Tabela 5). Dessa forma, essas coberturas não possuem potencial para fitorremediar as referidas doses desse herbicida. Ressalta-se que ao longo do tempo a fitotoxicidade aumentou. Esse aumento progressivo de fitotoxicidade provavelmente deve estar relacionado com a longa persistência desse herbicida no solo (Blanco et al., 2010).

Observou-se que o pepino cultivado após o milho apresentou fitotoxicidade entre as menores, ao se comparar com os demais tratamentos (Tabelas 4, 5 e 6). No entanto a fitotoxicidade que o sulfentrazone apresentou ao milho na primeira etapa do experimento esteve entre as maiores. Esse fato provavelmente está relacionado a elevada absorção que o milho teve de sulfentrazone, disponibilizando menor quantidade desse herbicida ao solo para ocasionar injúria ao pepino cultivado em sucessão.

A aplicação da dose 1x de diuron + sulfentrazone ocasionou menor fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras de milho seguido do capim sudão e crotalária aos 7 DAE (Tabela 4), indicando que essas são potenciais fitorremediadoras da dose 1x de diuron + sulfentrazone. Aos 14 e 21 DAE (Tabelas 5 e 6) as plantas de pepino sucessoras de milho, capim sudão e mucuna apresentaram menor efeito fitotóxico na dose 1x de diuron + sulfentrazone, indicando que essas espécies são potenciais fitorremediadoras.

A aplicação da dose 2x de diuron + sulfentrazone ocasionou menor fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras de milho aos 7 DAE (Tabela 4), enquanto que aos 14 DAE (Tabela 5), com exceção da planta de pepino sucessora da mistura crotalária + capim sudão que apresentou a maior injúria, as demais apresentaram o mesmo efeito fitotóxico sobre as plantas biocobertoras, não diferindo entre si. Aos 21 DAE (Tabela 6), o uso das espécies milho, brachiária, mucuna e feijão de porco refletiram em menor fitotoxicidade às plantas de pepino, indicando que essas são possivelmente as que melhor fitorremediam o dobro da dose de diuron + sulfentrazone com o passar do tempo, visto que esse herbicida tem longo efeito residual no solo (Agrofit, 2023).

As gramíneas, milho e brachiária mostraram potencial fitorremediador de diuron + sulfentrazone. Em contrapartida Sousa et al. (2019) verificaram o controle de mono e eucodiledôneas na cultura de cana-de-açúcar utilizando diuron + sulfentrazone, sendo eficiente em gramíneas como o capim-marmelada e capim-camalote, demonstrando que essas espécies não fitorremediam esse herbicida utilizando as doses 2,0 e 4,0 L ha⁻¹.

O uso das doses (1 e 2x) de diuron + sulfentrazone ocasionou maior fitotoxicidade a planta de pepino sucessora da mistura de crotalária + capim sudão aos 7, 14 e 21 DAE (Tabelas 4, 5 e 6), indicando que essa mistura de plantas não possui potencial para fitorremediar essa dose de herbicida. As demais coberturas refletiram em valores intermediários de fitotoxicidade ao pepino.

A aplicação da dose 1x de diuron ocasionou menor fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras de milho, seguido da brachiária, mucuna, feijão de porco e crotalária que não diferiram entre si aos 7 DAE (Tabela 4), e maior fitotoxicidade na planta de pepino sucessora da mistura crotalária + capim sudão, no entanto inferior a 16%. Aos 14 e 21 DAE (Tabela 5 e 6) as plantas de pepino sucessoras da brachiária apresentaram menor efeito fitotóxico na dose 1x de diuron, indicando que essa espécie possui o maior potencial para fitorremediar essa dose de diuron. Enquanto que as plantas de pepino sucessoras do cultivo de capim sudão apresentaram maior fitotoxicidade na dose 1x de diuron.

A baixa fitotoxicidade causada às plantas de pepino sucessoras da brachiária e do milho (menor que 15%) indicaram que essas espécies possuem capacidade para fitorremediar diuron. A aplicação da dose 2x de diuron ocasionou menor fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras da mistura de crotalária + capim sudão seguido de milho, mucuna e crotalária que não diferiram entre si aos 7 DAE (Tabela 4). Aos 7 e 14 DAE (Tabela 4 e 5) as plantas de pepino sucessoras de feijão de porco apresentaram maior fitotoxicidade, enquanto que aos 21 DAE o efeito fitotóxico não diferiu significativamente entre as espécies antecessoras de pepino.

3.2.4 Comparação entre os herbicidas na avaliação de área foliar

A área foliar (AF) do pepino mostrou-se predominantemente maior com o uso de diuron às espécies fitorremediadoras quando comparado aos herbicidas sulfentrazone e diuron + sulfentrazone para as diferentes doses avaliadas (Tabela 7).

A área foliar das plantas de pepino que não receberam doses de herbicidas apresentaram variações (Tabela 7), sendo que o cultivo das espécies sem aplicação de sulfentrazone mostraram-se com menor AF quando comparada as plantas que não receberam diuron e diuron + sulfentrazone. Essa variação possivelmente deve estar relacionada a algum fator estranho e não controlado como luminosidade, temperatura ou mesmo umidade que foram diferentes no interior da casa de vegetação.

A aplicação de diuron na dose recomendada (1x) proporcionou maior AF nas plantas de pepino sucessoras da mistura crotalária + capim sudão e do solo sem cultivo prévio, e menor AF às plantas da espécie biodicadora cultivada após o capim sudão ao se comparar ao sulfentrazone e ao diuron + sulfentrazone (Tabela 7). Para o pepino sucessor

de milho, o uso de diuron e diuron + sulfentrazone (1x) refletiu em maior AF ao se comparar com a aplicação em isolado de sulfentrazone. Já para as plantas de pepino sucessoras das culturas brachiária e feijão de porco o uso de diuron e sulfentrazone isolados (1x) ocasionaram em maior AF ao se comparar com a mistura diuron + sulfentrazone. Todos os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) aplicados na dose 1x proporcionaram AF iguais estatisticamente às plantas de pepino que sucederam as espécies mucuna e crotalária.

Ao aplicar o dobro da dose de diuron (2x) somente as plantas de pepino sucessoras do solo sem cultivo prévio apresentou maior AF (Tabela 7). Para o pepino sucessor da mistura de crotalária + capim sudão o uso de diuron e sulfentrazone isolados (2x) refletiu em maior AF ao se comparar com a mistura de diuron + sulfentrazone. As plantas de pepino sucessoras das culturas mucuna e capim sudão na presença de diuron e diuron + sulfentrazone (2x) apresentaram maior AF ao se comparar com o uso de sulfentrazone isolado. O uso de diuron (1x) proporcionou menor AF à planta de pepino sucessora da crotalária. A planta bioindicadora após o cultivo das demais espécies apresentaram AF iguais estatisticamente para todos os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) aplicados no dobro da dose.

Dessa forma a dose 1x de diuron e sulfentrazone isolados favoreceu em maior AF as plantas de pepino quando comparado ao herbicida diuron + sulfentrazone, enquanto que a dose 2x de diuron influenciou em maior AF as plantas de pepino quando comparado aos herbicidas sulfentrazone e diuron + sulfentrazone.

3.2.5 Comparação entre as doses dos herbicidas na avaliação de área foliar

O incremento de doses do herbicida diuron (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado no capim sudão, sendo que a maior dose (2x) proporcionou a maior AF ao pepino (Tabela 7). Percebe-se que essa espécie possui potencial para fitorremediar diuron, corroborando com a fitotoxicidade causada às plantas de pepino que a sucederam (Tabelas 4, 5 e 6). Esse comportamento pode estar relacionado a um estímulo provocado pelo herbicida nessas plantas, fazendo com que elas tenham um melhor desenvolvimento na presença do herbicida (Galon et al., 2017). Já a AF das plantas de pepino que anteriormente não foi cultivado com cobertura diminuiu com a aplicação da dose 2x. As plantas de pepino sucessoras das demais espécies não diferiram estatisticamente em AF para as três doses avaliadas (0, 1 e 2x), demonstrando a menor injúria causada por esse herbicida às culturas, e conseqüentemente à espécie bioindicadora quando comparado aos herbicidas sulfentrazone e diuron + sulfentrazone.

Aplicando o herbicida sulfentrazone, o aumento de doses (0, 1x e 2x) não ocasionou diferenças significativas de AF quando aplicado sobre milho, mistura de crotalária + capim sudão e solo sem cultivo antecedendo o cultivo de pepino, indicando que essas espécies não foram influenciadas no seu desenvolvimento com aplicação de sulfentrazone, mesmo quando houve incremento da dose. Porém, ao se aplicar sulfentrazone nas na dose recomendada e no dobro ocorreu diferenças significativas quando usado sobre as culturas mucuna e capim sudão que antecederam as plantas de pepino, sendo que a maior dose (2x) proporcionou menor AF, porém não diferiu da AF quando não houve a aplicação de sulfentrazone (dose zero).

Já as plantas de pepino sucessoras das culturas brachiária, feijão de porco e crotalária apresentam maior AF ao se aplicar a dose 1x e 2x de sulfentrazone quando comparada a AF das plantas de pepino que não receberam sulfentrazone (dose zero). Isso pode estar relacionado ao posicionamento das plantas de pepino no interior da casa de vegetação favorecendo maior período de sombreamento, o que limitou o aumento da AF dessas plantas quando comparadas as demais plantas que receberam diferentes doses do herbicida. Outro fato já relatado é que essas espécies apresentam maior resistência à ação de sulfentrazone, corroborando com os resultados de fitotoxicidade (Tabelas 1), bem como na fitotoxicidade causada as plantas de pepino (Tabelas 4, 5 e 6).

O aumento de doses (0, 1x e 2x) de diuron + sulfentrazone não ocasionou diferenças significativas de AF quando aplicado sobre as culturas de milho, brachiária e mucuna antecedendo o cultivo de pepino, indicando que essas espécies não foram influenciadas no seu desenvolvimento com aplicação de diuron + sulfentrazone. Também não ocorreu diferença significativa de AF ao aplicar as doses 1 e 2x de diuron + sulfentrazone sobre a mistura de crotalária + capim sudão e solo sem cultivo que antecederam o pepino, mas diferiu da AF dos pepinos que não receberam o herbicida (dose zero), apresentando menores valores de AF.

Isso provavelmente ocorreu pela elevada sensibilidade do capim sudão ao herbicida diuron, não possuindo potencial para fitorremediá-lo, o que proporcionou maior fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras da mistura crotalária + capim sudão (Tabelas 4, 5 e 6), provocando a morte das plantas de pepino. Esse fato também se repetiu com as plantas de pepino que sucederam o tratamento sem cultivo prévio, indicando que é um herbicida que possui longo efeito residual no solo, podendo chegar a mais de 700 dias (Blanco et al, 2010), e que a planta bioindicadora é altamente sensível à ação de diuron + sulfentrazone.

O diuron + sulfentrazone usado nas doses (1 e 2x) ocasionou diferenças significativas quando aplicado sobre o cultivo de pepino que sucedeu capim sudão, sendo que a maior

dose (2x) proporcionou menor AF, no entanto a AF dos pepinos avaliados na dose 1x não diferiu da AF na dose zero. Já as plantas de pepino sucessoras de Feijão de porco e crotalária apresentaram maior AF com a aplicação da dose 2x de diuron + sulfentrazone, e não diferiu da AF das plantas de pepino que não tiveram influência do herbicida (dose zero), demonstrando novamente o potencial dessas espécies em fitorremediar esse herbicida, e corroborando com os resultados de fitotoxicidade. Madalão et al. (2016) e Belo et al. (2016) também confirmaram que essas plantas têm potencial para fitorremediar sulfentrazone, sendo este com maior efeito residual no solo (Blanco et al., 2010) quando comparado ao diuron que possui efeito residual de até 91 dias (Rocha et al., 2013).

3.2.6 Comparação entre espécies na avaliação de área foliar

O herbicida diuron somente ocasionou diferença significativa de AF na planta de pepino semeada após o cultivo do capim sudão ao se aplicar a dose 1x, proporcionando a menor AF quando comparada as plantas de pepino das demais sucessões (Tabela 7). A AF das demais plantas de pepino não diferiram entre si ao se aplicar a dose 1x. A aplicação do dobro da dose de diuron não refletiu em diferença significativa na AF das plantas de pepino sucessoras das espécies fitorremediadoras, indicando que as essas toleram o herbicida, mesmo com o incremento da dose (2x). Essas constatações corroboram com os dados de fitotoxicidade aos 21 DAE (Tabela 6), onde observou-se que a fitotoxicidade do pepino sucessor de capim sudão diminuiu com o aumento da dose (2x), constatado também pelo aumento da AF com a aplicação do dobro da dose, confirmando o potencial fitorremediador dessa espécie quando na presença de diuron no solo.

A aplicação da dose (1x) de sulfentrazone causou menor fitotoxicidade às plantas de pepino sucessoras de brachiária e mucuna, enquanto que o dobro da dose de diuron (2x), ocasionou menor fitotoxicidade quando a planta biocicadora foi semeada após cultivo de brachiária, indicando que essas espécies proporcionaram maior AF e maior potencial para fitorremediar sulfentrazone (Tabela 7). A aplicação da dose recomendada de sulfentrazone ocasionou maior fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras de milho, e o uso do dobro da dose ocasionou maior fitotoxicidade ao pepino sucessor de capim sudão, refletindo em valores de menor AF. As demais espécies proporcionaram às plantas de pepino níveis intermediários de AF ou igualaram-se entre si. Ressalta-se ainda, que a menor AF da planta de pepino sucessora do capim sudão está em concordância com elevados valores de fitotoxicidade (66,7%) (Tabela 6) causada pela aplicação do dobro da dose de sulfentrazone.

A aplicação da dose e do dobro da dose recomendada de diuron + sulfentrazone

(Tabela 7) causou maior fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras da mistura crotalária + capim sudão, refletindo em menor desenvolvimento dessas plantas, e conseqüentemente menor AF, indicando que essas plantas são altamente sensíveis à ação deste herbicida, causando a morte das plantas de pepino semeado em sucessão. As demais espécies que antecederam o pepino na aplicação da dose 1x de diuron + sulfentrazone refletiram em maiores valores de AF, apresentando maior potencial para fitorremediar essa dose desse herbicida. Enquanto que a aplicação da dose (2x) de diuron + sulfentrazone causou menor fitotoxicidade as plantas de pepino sucessoras de feijão de porco e crotalária, proporcionando maior AF nas plantas de pepino que as sucederam, e conseqüentemente apresentaram maior potencial para fitorremediar a referida dose do herbicida. As demais espécies apresentaram níveis intermediários ou igualaram-se entre si.

3.2.7 Comparação entre os herbicidas na avaliação de massa seca

O diuron, de modo geral, proporcionou maior massa seca (MS) às plantas de pepino nas três doses avaliadas quando comparado aos demais herbicidas (Tabela 8), corroborando com a menor fitotoxicidade causada às plantas de pepino, quando comparado aos demais herbicidas testados (Tabelas 4, 5 e 6).

As plantas de pepino que não receberam doses de herbicidas apresentaram variações de massa seca (MS) (Tabela 8), sendo que o cultivo das espécies sem aplicação de diuron + sulfentrazone refletiram em menor MS quando comparada as plantas que não receberam diuron e sulfentrazone. Essa variação possivelmente deve estar relacionada a algum fator estranho e não controlado como luminosidade, temperatura ou mesmo umidade que foram diferentes no interior da casa de vegetação.

A aplicação de diuron na dose recomendada (1x) proporcionou maior MS as plantas de pepino sucessoras da brachiária e do feijão de porco, ao se comparar ao sulfentrazone e ao diuron + sulfentrazone e menor AF à planta de pepino sucessora do capim sudão (Tabela 8). Para o pepino sucessor de da mistura de crotalária + capim sudão e do solo sem cultivo, o uso de diuron e sulfentrazone isolados (1x) refletiu em maior MS ao se comparar com o uso da mistura diuron + sulfentrazone. Já para a planta de pepino sucessora da cultura de milho o uso de diuron + sulfentrazone (1x) refletiram em maior MS ao se comparar com o uso de diuron e sulfentrazone isolado. Todos os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) aplicados na dose recomendada proporcionaram MS iguais estatisticamente às plantas de pepino que sucederam as espécies mucuna e crotalária.

Ao se aplicar o dobro da dose de diuron (2x) as plantas de pepino sucessoras das espécies mucuna, capim sudão, da mistura crotalária + capim sudão e do solo sem cultivo prévio apresentou maior MS ao se comparar aos herbicidas sulfentrazone e diuron + sulfentrazone (Tabela 8). Para o pepino sucessor das espécies brachiária e feijão de porco o uso de sulfentrazone isolado (2x) refletiu em maior MS ao se comparar com o uso de diuron e da mistura diuron + sulfentrazone. Os pepinos sucessores das espécies milho e crotalária apresentaram MS iguais estatisticamente para todos os herbicidas (diuron, sulfentrazone e diuron + sulfentrazone) aplicados na dose 2x.

3.2.8 Comparação entre a doses dos herbicidas na avaliação de massa seca

O incremento de doses do herbicida diuron (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas de MS nas plantas de pepino que sucederam brachiária e feijão de porco, sendo que a maior dose (2x) proporcionou menor MS ao pepino (Tabela 8). Essas espécies não possuem potencial para fitorremediar diuron, corroborando com a fitotoxicidade causada às plantas de pepino que sucederam essas espécies (Tabelas 4, 5 e 6), pois embora não tenha ocorrido diferenças estatística na fitotoxicidade provocada por diuron, houve aumento de fitotoxicidade ao se aplicar o dobro da dose, refletindo na MS. Ao contrário ocorreu na sucessão do capim sudão, ao incrementar a dose, a MS do pepino aumentou, indicando que essa espécie apresenta certa tolerância ao diuron. As plantas de pepino sucessoras das demais espécies não diferiram estatisticamente em MS quando aplicado as doses de diuron (1 e 2x), ocasionando menor injúria nessas e nas plantas de pepino, mas diferiram quando não foi aplicado diuron (dose zero).

O uso de sulfentrazone com o aumento das doses (0, 1 e 2x) ocasionou diferenças significativas de MS nas plantas de pepino que sucederam brachiária, capim sudão e solo sem cultivo prévio, sendo que a maior dose (2x) proporcionou menor MS ao pepino (Tabela 8), corroborando com a fitotoxicidade causada às plantas de pepino que sucederam essas espécies (Tabelas 4, 5 e 6). Ao contrário ocorreu na sucessão do feijão de porco, ao se incrementar a dose, a MS do pepino aumentou, indicando que essa espécie é tolerante à sulfentrazone, e apreseta potencial de fitorremediar esse herbicida, conforme já mostrado anteriormente e confirmado por outros autores (Belo et al., 2016; Madlão et al., 2016; Ferraço et al., 2017). Mesmo sendo o sulfentrazone um herbicida de amplo espectro, controla mono e dicotiledôneas, ele não se mostrou eficiente no controle do feijão de porco. As plantas de pepino sucessoras das demais espécies não diferiram estatisticamente em MS quando aplicado as doses de diuron (1 e 2x), ocasionando menor injúria nessas e nas plantas de pepino, mas diferiram quando não foi aplicado sulfentrazone (dose zero).

As doses 0x e 1x de diuron + sulfentrazone não ocasionaram diferenças significativas

de MS ao pepino em sucessão das culturas de milho, brachiária e capim sudão, indicando que essas espécies não foram influenciadas no seu desenvolvimento com a aplicação dessa dose, pois não diferiram da MS quando não foi aplicado dose do herbicida, no entanto estas espécies refletiram em menor MS ao ser aplicado a dose 2x de diuron + sulfentrazone.

Também não ocorreu diferença significativa de MS do pepino ao se aplicar as doses 1 e 2x de diuron + sulfentrazone quando se cultivou mucuna, feijão de porco, crotalária, mistura crotalária + capim sudão e solo sem cultivo antecipadamente, mas diferiu da MS dos pepinos que não receberam o herbicida (dose zero). Assim a mucuna, feijão de porco e crotalária toleram doses maiores desse herbicida mesmo que esse cause fitotoxicidade na faixa de 45% para o feijão de porco e mucuna e 55% para a crotalária aos 21 DAE (Tabela 6). Por outro lado, as plantas de pepino sucessoras da mistura de crotalária + capim sudão e solo sem cobertura prévia apresentaram os menores valores de MS, indicando que essa mistura não possui potencial para fitorremediá-lo, e que as plantas de pepino são sensíveis à ação desse herbicida, provavelmente pela longa persistência no solo, conforme supracitado.

3.2.9 Comparação entre as espécies na avaliação de massa seca

A aplicação da dose recomendada de diuron (1x) ocasionou menor MS nas plantas de pepino semeadas após o cultivo de capim sudão, e maior MS na sucessão da brachiária e feijão e porco, os demais tratamentos foram inferiores a esse ou igualaram-se estatisticamente entre si (Tabela 8). O uso do dobro da dose de diuron (2x), ocasionou menor MS ao pepino sucessor da crotalária, enquanto que a maior MS foi observada na sucessão das culturas capim sudão, mistura de crotalária + capim sudão e solo sem cultivo prévio. Os demais tratamentos ficaram em patamares intermediários ou igualaram-se entre si. Desta forma, as espécies brachiária e feijão e porco apresentaram potencial para fitorremediar a dose recomendada de diuron, enquanto que o capim sudão isolado ou misturado com a crotalária têm potencial para fitorremediador o dobro da dose. Essas constatações corroboram com os dados de fitotoxicidade aos 21 DAE (Tabela 6) e de AF (Tabela 7). Teófilo et al. (2020) também encontraram resultados satisfatórios utilizando o feijão de porco como planta fitorremediadora de diuron.

A aplicação da dose recomendada de sulfentrazone resultou em maior MS às plantas de pepino sucessoras de brachiária, capim sudão, crotalária, e do solo sem cultivo prévio, e menor MS às plantas de pepino cultivadas após o feijão de porco, e as demais espécies apresentaram valores intermediários de MS. O dobro da dose de sulfentrazone (2x) refletiu em maior MS ao pepino sucessor da brachiária, feijão de porco e crotalária,

e menor MS nos demais cultivos antes da semeadura do pepino, não deferindo entre si (Tabela 8). Com isso, confirma-se o potencial fitorremediador das espécies braquiária e crotalária em fitorremediar ambas as doses de sulfentrazone, de capim sudão fitorremediar a dose 1x e feijão de porco a dose 2x de sulfentrazone. Constatações semelhantes foram realizadas para as variáveis fitotoxicidade aos 21 DAE (Tabela 6) e AF (Tabela 7).

Utilizando diuron + sulfentrazone, a sucessão de pepino ao cultivo de milho refletiu em maior MS com a aplicação da dose 1x, enquanto que a sucessão ao cultivo de crotalária proporcionou maior MS ao pepino com aplicação do dobro da dose. Ao contrário, a mistura de crotalária + capim sudão apresentou menor potencial fitorremediador para ambas as doses aplicadas desse herbicida, refletido pela menor MS. Contudo, confirma-se que o milho possui potencial para fitorremediar ambas as doses de diuron + sulfentrazone, e que a mistura de crotalária + capim sudão não foi capaz de fitorremediar esse herbicida, o que acarretou a morte das plantas de pepino, mostrando que essa cultura é muito sensível à ação de diuron + sulfentrazone.

4. Conclusões

O diuron causa menor fitotoxicidade as espécies testadas em relação aos demais herbicidas, sendo a braquiária e o capim sudão as espécies com maior capacidade de fitorremediar solos contaminados com esse produto.

A mucuna e o capim sudão possuem maior capacidade de fitorremediar solos contaminados com a dose recomendada de sulfentrazone, enquanto que o milho, feijão de porco e a crotalária tem potencial para despoluir solos contaminados com o dobro da dose recomendada desse produto.

O milho, a mucuna e o capim sudão tem potencial de fitorremediar solos contaminados com a dose recomendada de diuron + sulfentrazone, enquanto que milho, braquiária, mucuna e feijão de porco possuem potencial para fitorremediar solos contaminados com o dobro da dose dessa mistura comercial.

As plantas de pepino foram mais sensíveis aos efeitos fitotóxicos quando em sucessão da mistura de crotalária + capim sudão com a aplicação de diuron + sulfentrazone.

O sulfentrazone e o diuron + sulfentrazone promoveram maiores efeitos tóxicos sobre a planta bioindicadora.

5. Referências Bibliográficas

Agrofit/Mapa. 2023. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários - Consulta Aberta. Available from: www.agrofit.agricultura.gov.br/agrofit.

Alves C, Galon L, Kaizer RR, Holz CM, Winter FL, Basso FJM, et al. Selection of species with soil phytoremediation potential after the application of protox-inhibiting herbicides. *Planta daninha*. 2018; 36. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100074>

Alves C, Galon L, Winter FL, Basso FJM, Holz CM, Kaizer RR, et al. Winter species promote phytoremediation of soil contaminated with protox-inhibiting herbicides. *Planta Daninha*. 2019; 37:e019184783. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100020>

Belo AF, Coelho ATP, Ferreira LR, Silva AA, Santos JB. [Potential of plant species in the remediation of soil contaminated with sulfentrazone]. *Planta daninha*. 2011; 29(4). Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000400012>

Belo AF, Pires FR, Bonomo R, Cargnelutti Filho A, Tenis LHO. Sulfentrazone phytoremediation under field conditions. *Rev. Caatinga*. 2016; 29(1). Available from: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n114rc>

Blanco FMG, Velini ED, Batista Filho A. [Persistence of the herbicida sulfentrazone in soil cultivated with sugarcane]. *Bragantia*. 2010; 69(1):71-5. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100010>

Camacho M, Gannon T, Ahmed K, Mulvaney M, Heitman J, Amoozegar A et al. Evaluation of imazapic and flumioxazin carryover risk for Carinata (*Brassica carinata*) establishment. *Weed Science*. 2022; 70(4): 503-13. Available from: <https://doi.org/10.1017/wsc.2022.27>

Da Silva CT, Barroso GM, Silva DV, Galon L, Holz CM, Santos MV, Evaristo AB, das Chagas PSF, de Carvalho AJE, Dos Santos JB. Remedial capacity of diclosulam by cover plants in different edaphoclimatic conditions. *Int J Phytoremediation*. 2021; 23(6):609-18. Available from: <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1847032>.

Dan HA, Dan LGM, Barroso ALL, Procópio SO, Oliveira JR. RS, Assis RL, et al. [Effect of the residual activity of pre-emergent herbicides applied in soybean on pearl millet cultivated in succession]. *Planta daninha*. 2011; 29(2). Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000200022>

Dias R, Gomes D, Anunciato V, Bianchi L, Simões P, Carbonari C, et al. [Selection of bioindicator species for the herbicide indaziflam]. *Rev. Bras. Herb*. 2019; 18 (2):e650 1-11. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v18i2.650>

Dos Reis FC, Tornisielo VL, Pimpinato RF, Martins BA, Victória Filho R. Leaching of diuron, hexazinone, and sulfometuron-methyl applied alone and in mixture in soils with contrasting textures. *J Agric Food Chem*. 2017; 65(13):2645-50. doi: 10.1021/acs.jafc.6b05127. Available from: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05127>

Ferraço M, Belo AF, Pires FR, Bonomo R, Filho AC. Phytoremediation of Contaminated Soil with Sulfentrazone by Different Density of *Crotalaria juncea*. *Planta daninha*. 2019; 37. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100008>

Ferraço M, Pires FR, Belo AF, Filho AC, Bonomo R. [Effect of population density of *Canavalia ensiformis* on the phytoremediation of soil contaminated with sulfentrazone]. *Rev. Ciênc. Agron.* 2017; 48(1):32-40. Portuguese. Available from: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170004>

Freitas MAM, Passos ABRJ, Torres LG, Moraes HMF, Faustino LA, Rocha PRR, et al. [Sulfentrazone sorption in different types of soil by bioassays]. *Planta daninha*. 2014; 32(2). Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200016>

Galon L, Nonemacher F, Agazzi L, Fiabane R, Forte C, Franceschetti M, et al. [Phytoremediation of soil contaminated with ALS and PS II inhibitors herbicides]. *Rev. Bras. Herb.* 2017; 16(4):307-24. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i4.586>

Galon L., Bragagnolo L, Korf, EP, dos Santos JB, Barroso GM, Ribeiro VHV. Mobility and environmental monitoring of pesticides in the atmosphere — a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021; 28:32236–255. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14258-x>

Heap I. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online. Available from: www.weedscience.org.

Li J, Zhang W, Lin Z, Huang Y, Bhatt P, Chen S. Emerging Strategies for the Bioremediation of the Phenylurea Herbicide Diuron. *Front. Microbiol.* 2021; 12:686509. Available from: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.686509>

Liu Y, Xu Z, Wu X, Gui W, Zhu G. Adsorption and desorption behavior of herbicide diuron on various Chinese cultivated soils. *J. Hazard. Mater.* 2010; 178:462–68. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.01.105>

Lourencetti C, Marchi MRR, Ribeiro ML. Influence of sugar cane vinasse on the sorption and degradation of herbicides in soil under controlled conditions. *J Environ Sci Health B.* 2012; 47(10):949- 58. Available from: <https://doi.org/10.1080/03601234.2012.706562>.

Machado, A. A. Sistema de análises estatísticas para Windows – WINSTAT (Versão 2.11). Pelotas: Núcleo de Informação Aplicada – Universidade Federal de Pelotas, 2002.

Madalão JC, Pires FR, Cargnelutti Filho A, Nascimento AF, Chagas K, Araújo RS, et al. [Selection of plants tolerant to sulfentrazone and potential for phytoremediation]. *Rev. Ceres.* 2013; 60(1):111-21. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100016>

Madalão JC, Pires FR, Chagas K, Cargnelutti Filho A, Procópio SO. [Use of leguminous plants for phytoremediation of soil contaminated with sulfentrazone]. *Pesqui. Agropecu. Trop.* 2012; 42(4):390-96. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000400001>

Madalão JC, Pires FR, Nascimento AF, Chagas K, Cargnelutti Filho A, Procópio SO. [Phytoremediation of soil contaminated with sulfentrazone by the cultivation time of *Canavalia ensiformis*]. *Rev. Agro@ambiente.* 2016; 10(1):36-43. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i1.2762>

Marchesan ED, Dedordi G, Trezzi MM, Vidal RA, Dick DP. [Selection of bioindicator species for use in bioassays on leaching and persistence of atrazine in soil]. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*. 2011; 21. Portuguese. Available from: doi:<http://dx.doi.org/10.5380/pes.v21i0.25937>

Martins M, Fonseca Munhos, T, Aguilar Vighi V, Ferreira da Rosa R, Timm C, Theisen G, et al. [*Amaranthus hybridus* management in crop-livestock systems in southern Rio Grande do Sul]. *Rev. Bras. Herb.*, 2020; 19(4), e734 (1-12). Available from: doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v19i4.734>

Matos AKA, Carbonari CA, Cotrick GLG. Dynamics of preemergent herbicides in production systems with straw. *Rev. Bras. de Herb.* 2016; 15(1): 97-106. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.441>

Pires FR, Souza CM de, Cecon PR, Santos JB dos, Tótola MR, Procópio S de O, et al. [Rhizospheric activity of potentially phytoremediative species for tebuthiuron-contaminated soil]. *Rev Bras Ciênc Solo*. 2005; 29(4)). Portuguese Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400015>

Ramborger BP, Gularte CAO, Rodrigues DT, Gayer MC, Carriço MRS, Bianchini MC, et al. The phytoremediation potential of *Plectranthus neochilus* on 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the role of antioxidant capacity in herbicide tolerance. *Chemosphere*. 2017; 188: 231-40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.164>.

Riley RB, Bradley KW. Influence of application timing and glyphosate tank-mix combinations on the survival of glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida*) in soybean. *Weed Technology*. 2014; 28(1):1-9. Available from: <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00098.1>

Rocha PRR, Faria AT, Silva GS da, Queiroz MELR de, Guimarães FCN, Tironi SP, et al. [Half - life of diuron in soils with different physical and chemical attributes]. *Cienc Rural*. 2013; 43(11). Available from: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001100007>

Rodrigues BN, Almeida FS. Guia de herbicidas. 7ª ed. Londrina-PR: Midiograf; 2018.

Santin CO, Giacomini E, Galon L, Menegat AD, Rossetto ERRO, Franceschetti MB, et al. Association of herbicides for management of weed plants in pre-emergence of soybean culture. *Journal of Agricultural Science*. 2019; 11(4): 217-24. Available from: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p217>.

Silva GBF, Azania CAM, Novo MCSS, Wutke EB, Zera FS, Azania AAPM. [Tolerance of *Mucuna* species to herbicides used in sugarcane culture]. *Planta Daninha*. 2012; 30(3). Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000300015>

Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal - Sindiveg, 2020. Available from: <https://sindiveg.org.br/>

Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal – Sindiveg, 2021. Available from: <https://sindiveg.org.br/>

Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBPCPD. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina-PR: SBPCPD; 1995.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo SBCS. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre-RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376 p.

Sousa BT, Domingues AR, Balotta GAP, Andrade DFM, Dalazen G. [Weed control and selectivity of sulfentrazone + diuron on sugar cane (cultivar rb 966928)]. *Rev. Bras. Herb.* 2019; 18(4):1-8. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v18i4.691>

Streck EV, Kampf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PC, Giason E, et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. 3.ed. Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR; 2018.

Teófilo TMS, Mendes KF, Fernandes BCC, de Oliveira FS, Silva TS, Takeshita V, et al. Phytoextraction of diuron, hexazinone, and sulfometuron-methyl from the soil by green manure species. *Chemosphere*. 2020; 256. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127059>

Trevisan E, Belo A, Pires F, Bonomo R, Viana D, Egreja Filho F. Influence of organic matter on the phytoremediation of sulfentrazone in contaminated soil. *Rev. Bras. Herb.* 2016; 15(4): 371-79. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i4.495>

Zhang H, Yuan X, Xiong T, Wang H, Jiang L. Bioremediation of co-contaminated soil with heavy metals and pesticides: Influence factors, mechanisms and evaluation methods. *Chem. Eng. J.* 2020; 398. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125657>

Tabela 1. Fitotoxicidade às espécies fitorremediadoras submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência.

Coberturas	Herbicidas								
	Diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
Fitotoxicidade aos 7 dias (%)									
Milheto	a 0.0 Aa	c 15.0 Ab	c 12.7 Abc	a 0.0 Ca	b 33.3 Ba	b 50.0 Abc	a 0.0 Ca	a 80.0 Ba	a 98.0 Aa
Brachiaria	a 0.0 Ba	b 5.0 ABb	c 20.0 Ab	a 0.0 Ca	b 20.0 Bab	b 63.3 Ab	a 0.0 Ca	a 41.7 Bb	a 90.0 Aa
Mucuna	a 0.0 Ca	a 83.3 Ba	a 98.0 Aa	a 0.0 Ca	c 25.0 Bab	a 98.0 Aa	a 0.0 Ca	b 60.0 Bab	b 76.7 Aab
Feijão	a 0.0 Aa	a 8.0 Ab	a 15.0 Abc	a 0.0 Aa	a 10.0 Abc	a 11.0 Ad	a 0.0 Aa	a 0.0 Ad	a 9.7 Ad
Capim	a 0.0 Aa	b 7.7 Ab	b 11.7 Abc	a 0.0 Ca	a 23.3 Bab	a 96.7 Aa	a 0.0 Ba	a 30.0 Ab	b 30.0 Ac
Crotalária	a 0.0 Aa	a 13.3 Ab	b 11.7Abc	a 0.0 Aa	b 0.0 Ac	b 7.7 Ad	a 0.0 Ba	a 7.7 Bcd	a 30.0 Ac
Mistura	a 0.0 Aa	b 0.0 Ab	c 0.0 Ac	a 0.0 Ba	a 23.3 Aab	b 33.3 Ac	a 0.0 Ca	a 25.0 Bbc	a 61.7 Ab
Sem cultivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Média	22.9								
C.V. (%)	34.3								
Fitotoxicidade aos 14 dias (%)									
Milheto	a 0.0 Ba	c 25.0 Ab	c 23.3 Abc	a 0.0 Ca	b 63.3 Aa	b 71.7 Ab	a 0.0 Ba	a 87.0 Aa	a 98.0 Aa
Brachiaria	a 0.0 Ba	c 9.3 Bbc	c 31.7 Ab	a 0.0 Ca	b 30.0 Bb	b 68.3 Ab	a 0.0 Ca	a 44.0 Bb	a 91.7 Aab
Mucuna	a 0.0 Ba	a 90.0 Aa	a 98.0 Aa	a 0.0 Ca	b 30.0 Bb	a 98.0 Aa	a 0.0 Ca	ab 80.0 Ba	a 98.0 Aa
Feijão	a 0.0 Ba	a 10.0 ABbc	a 21.7 Abc	a 0.0 Ba	a 14.3Abc	a 15.0 Ad	a 0.0 Ba	a 7.3 ABc	a 13.0 Ae
Capim	a 0.0 Ba	c 11.7 ABbc	c 18.3 Abc	a 0.0 Ca	a 55.0 Ba	a 96.7 Aa	a 0.0 Ba	b 30.0 Ab	b 33.3 Ad
Crotalária	a 0.0 Ba	a 21.7 Ab	b 13.3 Ac	a 0.0 Aa	a 11.7 Ac	b 13.0 Ad	a 0.0 Ba	a 11.7 Bc	a 35.0 Ad
Mistura	a 0.0 Ba	b 0.0 Bc	c 15.0 Abc	a 0.0 Ca	a 28.3 Bbc	b 46.7 Ac	a 0.0 Ca	a 32.3 Bb	a 65.0 Ac
Sem cultivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Média	28.1								
C.V. (%)	24.6								

Letra antecedendo a média compara os herbicidas entre si para cada cobertura e dose; Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura. Média seguida de letra minúscula (posterior ao número) compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida. Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 2. Área foliar das espécies fitorremediadoras cultivada por 32 dias submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência.

Coberturas	Herbicidas								
	diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
	Área Foliar (cm ² vaso ⁻¹)								
Milheto	10,092.5 Aa	5,989.1 Ba	6,332.7 Ba	6,023.5 Ab	2,122.3 Bb	3,410.1 Bb	8,829.7 Aa	7,360.3 Aa	1,385.8 Bb
Brachiaria	9,534.6 Aa	11,199.9 Aa	5,894.9 Ba	5,919.3 Ab	5,578.3 Ab	4,345.0 Aa	5,662.0 Ab	4,173.8 ABb	2,000.9 Bb
Mucuna	798.7 Ab	2,486.7 Aa	620.4 Aa	3,962.9 Aa	2,294.0 ABa	972.6 Ba	945.8 Ab	2,026.8 Aa	955.1 Aa
Feijão	3,991.0 ABb	5,662.9 Ab	3,359.3 Bb	5,998.7 Aab	5,106.6 Ab	5,373.4 Ab	7,077.3 Ba	12,976.1 Aa	7,858.6 Ba
Capim	7,625.8 Aab	5,438.3 Ba	8,455.4 Aa	8,280.5 Aa	2,842.1 Bb	2,079.9 Bc	5,457.8 Ab	4,674.6 Ab	4,921.8 Aab
Crotalária	5,106.6 Aa	2,426.9 Ba	2,576.7 Ba	4,315.5 Aa	4,135.6 Aa	3,643.5 Aa	4,834.4 Aa	3416.1 Aa	2,792.8 Aa
Mistura	10,860.7 Aa	12,521.1 Aa	11,642.3 Aa	11,537.4 Aa	9,888.4 Ab	5,270.3 Bb	7,541.5 Ab	8,297.5 Ab	3,548.4 Bb
Sem cultivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Média	5,435.9								
C.V. (%)	20.7								

Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura; Média seguida de letra minúscula compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida. Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 3. Massa seca das espécies fitorremediadoras cultivada por 32 dias submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência.

Coberturas	Herbicidas								
	diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
	Massa seca (g vaso ⁻¹)								
Milheto	12.2 Ab	11.0 Aa	9.4 Aa	17.9 Aa	1.8 Bb	3.0 Bb	12.3 Ab	1.1 Bb	0.1 Bb
Brachiaria	4.7 ABb	7.6 Aa	2.5 Ba	15.7 Aa	2.9 Bb	2.3 Ba	8.1 Ab	2.7 Bb	0.2 Ba
Mucuna	0.5 Ab	2.3 Aa	1.0 Aa	7.8 Aa	2.5 Ba	0.5 Ba	1.7 Ab	3.4 Aa	0.5 Aa
Feijão	12.5 Ab	14.9 Ab	13.6 Ab	22.5 Aa	16.8 Bb	21.6 Aa	25.5 Ba	42.2 Aa	16.3 Cb
Capim	15.9 Aa	8.9 Ba	9.8 Ba	17.5 Aa	1.3 Bb	0.3 Bb	15.8 Aa	1.2 Bb	3.8 Bb
Crotalária	7.4 Ab	1.3 Bb	3.0 Bb	12.9 Aa	11.9 Aa	10.6 Aa	9.7 Aab	11.9 Aa	2.0 Bb
Mistura	4.2 Bc	13.0 Aab	8.1 Ba	15.0 Aa	14.7 Aa	9.7 Ba	9.9 Ab	9.7 Ab	1.9 Bb
Sem cultivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Média	8.8								
C.V. (%)	23.4								

Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura; Média seguida de letra minúscula compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida. Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 4. Fitotoxicidade das plantas de pepino, cultivadas em sucessão as espécies com potencial fitorremediador submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência avaliada 7 dias após a emergência (DAE).

Coberturas	Herbicidas								
	diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
	Fitotoxicidade aos 7 dias (%)								
Milheto	a 0.0 Ca	b 5.0 Bc	a 8.7 Abc	a 0.0 Ba	a 10.0 Ad	a 11.7 Ad	a 0.0 Ca	b 6.0 Be	a 10.7 Ad
Brachiaria	a 0.0 Ca	b 6.0 Bbc	c 10.3 Aab	a 0.0 Ca	a 11.3 Bd	b 16.0 Acd	a 0.0 Ca	a 10.7 Bd	a 25.0 Ac
Mucuna	a 0.0 Ba	b 7.0 Abc	b 7.7 Abc	a 0.0 Ca	a 18.7 Bc	a 26.7 Ab	a 0.0 Ca	a 17.7 Bc	a 23.3 Ac
Feijão	a 0.0 Ca	c 7.7 Bbc	b 14.0 Aa	a 0.0 Ca	a 35.0 Aa	b 11.7 Bd	a 0.0 Ca	b 25.0 Bb	a 31.7 Ab
Capim	a 0.0 Ba	b 10.0 Ab	c 10.0 Aab	a 0.0 Ca	a 19.3 Bc	a 40.0 Aa	a 0.0 Ca	b 9.3 Bde	b 26.7 Ac
Crotalária	a 0.0 Ba	b 7.7 Abc	c 7.7 Abc	a 0.0 Ca	a 25.0 Ab	a 17.7 Bc	a 0.0 Ba	b 10.0 Ade	b 12.3 Ad
Mistura	a 0.0 Ca	b 15.7 Aa	c 5.0 Bc	a 0.0 Ca	c 9.3 Bd	b 13.3 Acd	a 0.0 Ba	a 100.0 Aa	a 100.0 Aa
Sem cultivo	a 0.0 Ca	b 6.0 Bbc	b 11.3 Aab	a 0.0 Ca	b 7.7 Bd	b 12.3 Ad	a 0.0 Ba	a 100.0 Aa	a 100.0 Aa
Média					14.2				
C.V. (%)					12.8				

Letra antecedendo a média compara os herbicidas entre si para cada cobertura e dose; Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura; Média seguida de letra minúscula (posterior ao número) compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida.

Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 5. Fitotoxicidade das plantas de pepino, cultivadas em sucessão as espécies com potencial fitorremediador submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência avaliada 14 dias após a emergência (DAE).

Coberturas	Herbicidas								
	diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
	Fitotoxicidade aos 14 dias (%)								
Milheto	a 0.0 Ba	b 6.7 Ac	c 7.7 Ab	a 0.0 Ca	a 16.7 Bd	b 21.7 Ad	a 0.0 Ca	a 13.3 Bd	a 37.7 Ab
Brachiaria	a 0.0 Ba	b 0.0 Bd	c 7.7 Ab	a 0.0 Ca	a 21.7 Bcd	b 28.3 Abc	a 0.0 Ca	a 21.7 Bc	a 36.7 Ab
Mucuna	a 0.0 Ba	c 7.0 Ac	b 9.3 Aab	a 0.0 Ca	b 26.7 Bbc	a 40.0 Aa	a 0.0 Ca	a 16.7 Bcd	a 40.0 Ab
Feijão	a 0.0 Ca	b 7.7 Bc	c 15.0 Aa	a 0.0 Ca	a 41.7 Aa	b 26.7 Bcd	a 0.0 Ca	a 41.7 Ab	a 36.7 Bb
Capim	a 0.0 Ca	a 25.0 Aa	c 7.7 Bb	a 0.0 Ca	a 26.7 Bbc	a 45.0 Aa	a 0.0 Ca	b 14.0 Bd	b 37.7 Ab
Crotalária	a 0.0 Ba	c 6.7 Ac	c 5.0 Ab	a 0.0 Ca	a 31.7 Ab	b 26.7 Bcd	a 0.0 Ca	b 21.7 Bc	a 38.3 Ab
Mistura	a 0.0 Ca	c 18.3 Ab	c 5.0 Bb	a 0.0 Ca	b 28.3 Bb	b 33.3 Ab	a 0.0 Ba	a 100.0 Aa	a 100.0 Aa
Sem cultivo	a 0.0 Ba	c 0.0 Bd	c 9.3 Aab	a 0.0 Ca	b 16.7 Bd	b 25.0 Acd	a 0.0 Ba	a 100.0 Aa	a 100.0 Aa
Média					18.8				
C.V. (%)					12.8				

Letra antecedendo a média compara os herbicidas entre si para cada cobertura e dose; Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura; Média seguida de letra minúscula (posterior ao número) compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida.

Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 6. Fitotoxicidade das plantas de pepino, cultivadas em sucessão as espécies com potencial fitorremediador submetidas à aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência avaliada 21 dias após a emergência (DAE).

Coberturas	Herbicidas								
	diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
	Fitotoxicidade aos 21 dias (%)								
Milheto	a 0.0 Ba	c 7.7 Ac	c 11.7 Aa	a 0.0 Ba	a 28.3 Abc	b 25.0 Ad	a 0.0 Ca	b 17.7 Be	a 47.7 Ac
Brachiaria	a 0.0 Ba	b 0.0 Bd	c 11.3 Aa	a 0.0 Ba	a 31.7 Abc	b 35.0 Ac	a 0.0 Ca	a 36.7 Bc	a 46.7 Ac
Mucuna	a 0.0 Ba	c 8.0 Ac	c 12.0 Aa	a 0.0 Ca	a 26.7 Bc	a 58.3 Ab	a 0.0 Ca	b 19.3 Bde	b 45.0 Ac
Feijão	a 0.0 Ba	c 10.0 Ac	c 15.0 Aa	a 0.0 Ca	b 43.3 Aa	b 31.7 Bcd	a 0.0 Ca	a 56.7 Ab	a 45.0 Bc
Capim	a 0.0 Ca	a 53.3 Aa	c 12.3 Ba	a 0.0 Ca	b 26.7 Bc	a 66.7 Aa	a 0.0 Ca	c 18.7 Bde	b 60.0 Ab
Crotalária	a 0.0 Ba	c 9.3 Ac	c 12.3 Aa	a 0.0 Ba	a 35.0 Ab	b 31.7 Acd	a 0.0 Ca	b 25.0 Bd	a 55.0 Ab
Mistura	a 0.0 Ca	c 17.7 Ab	c 10.0 Ba	a 0.0 Ba	b 33.3 Abc	b 33.3 Ac	a 0.0 Ba	a 100.0 Aa	a 100.0 Aa
Sem cultivo	a 0.0 Ba	c 0.0 Bd	c 15.0 Aa	a 0.0 Ba	b 19.3 Bd	b 33.3 Ac	a 0.0 Ba	a 100.0 Aa	a 100.0 Aa
Média					22.8				
C.V. (%)					12.1				

Letra antecedendo a média compara os herbicidas entre si para cada cobertura e dose; Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura; Média seguida de letra minúscula (posterior ao número) compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida.

Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 7. Área foliar das plantas de pepino cultivadas por 26 dias em sucessão as espécies com potencial fitorremediador após aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência.

Cobertura	Herbicidas								
	diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
	Área Foliar (cm ² vaso ⁻¹)								
Milheto	a 1,253.1 Aa	a 1,244.4 Aa	a 1,097.0 Aa	b 818.0 Aa	b 878.3 Ab	a 1,105.6 Aab	a 1,190.3 Aa	a 1,056.9 Aa	a 981.1 Aab
Brachiaria	a 1,253.1 Aa	a 1,368.5 Aa	a 1,245.9 Aa	b 818.0 Ba	a 1,335.5 Aa	a 1,193.7 Aa	a 1,190.3 Aa	b 973.1 Aa	a 943.5 Aab
Mucuna	a 1,253.1 Aa	a 1,183.8 Aa	a 1,197.5 Aa	b 818.0 Ba	a 1,277.1 Aa	b 848.2 Babc	a 1,190.3 Aa	a 1,022.6 Aa	ab 974.6 Aab
Feijão	a 1,253.1 Aa	a 1,363.6 Aa	a 1,150.1 Aa	b 818.0 Ba	a 1,218.3 Aab	a 1,118.0 Aab	a 1,190.3 Aa	b 856.2 Ba	a 1,316.4 Aa
Capim	a 1,253.1 Aa	b 745.4 Bb	a 1,089.3 Aa	b 818.0 ABa	a 1,101.2 Aab	b 641.8 Bc	a 1,190.3 Aa	a 1,211.0 Aa	ab 846.5 Bb
Crotalária	a 1,253.1 Aa	a 1,212.9 Aa	b 950.2 Aa	b 818.0 Ba	a 1,131.4 Aab	ab 1,089.2 ABab	a 1,190.3 ABa	a 958.4 Ba	a 1,286.3 Aa
Mistura	a 1,253.1 Aa	a 1,310.9 Aa	a 1,212.5 Aa	b 818.0 Aa	b 968.3 Aab	a 1,048.8 Aab	a 1,190.3 Aa	c 0.0 Bb	b 0.0 Bc
Sem cultivo	a 1,253.1 ABa	a 1,402.7 Aa	a 1,057.4 Ba	b 818.0 Aa	b 958.0 Aab	b 733.7 Abc	a 1,190.3 Aa	c 0.0 Bb	c 0.0 Bc
Média	1,027.7								
C.V. (%)	15.4								

Letra antecedendo a média compara os herbicidas entre si para cada cobertura e dose; Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura; Média seguida de letra minúscula (posterior ao número) compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida.

Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 8. Massa seca das plantas de pepino cultivadas por 26 dias em sucessão as espécies com potencial fitorremediador após aplicação de doses de diuron (0.0; 1x - 490 e 2x - 980 g ha⁻¹), sulfentrazone (0.0; 1x - 245; 2x - 490 g ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (0.0; 1x - 490+245; 2x - 980+490 g ha⁻¹) aplicados em pré-emergência

Coberturas	Herbicidas								
	diuron			sulfentrazone			diuron + sulfentrazone		
	0	1x	2x	0	1x	2x	0	1x	2x
	Massa seca (g vaso ⁻¹)								
Milheto	a 0.8 Aa	ab 0.3 Bbc	a 0.2 Bb	b 0.4 Aa	b 0.2 Bb	a 0.1 Bb	b 0.3 Aa	a 0.4 Aa	a 0.2 Ba
Brachiaria	a 0.8 Aa	a 0.5 Ba	ab 0.2 Cb	b 0.4 Aa	b 0.3 ABa	a 0.2 Ba	b 0.3 Aa	b 0.3 Aab	b 0.1 Bb
Mucuna	a 0.8 Aa	a 0.2 Bc	a 0.2 Bb	b 0.4 Aa	a 0.2 Bb	ab 0.1 Bb	b 0.3 Aa	a 0.1 Bcd	b 0.1 Bb
Feijão	a 0.8 Aa	a 0.5 Ba	ab 0.2 Cb	b 0.4 Aa	b 0.1 Cc	a 0.2 Ba	b 0.3 Aa	b 0.1 Bcd	b 0.1 Bb
Capim	a 0.8 Aa	b 0.0 Cd	a 0.3 Ba	b 0.4 Aa	a 0.3 Ba	b 0.1 Cb	b 0.3 Aa	a 0.3 Aab	b 0.1 Bb
Crotalária	a 0.8 Aa	a 0.2 Bc	a 0.1 Bc	b 0.4 Aa	a 0.3 Ba	a 0.2 Ba	b 0.3 Aa	a 0.2 Bb	a 0.2 ABa
Mistura	a 0.8 Aa	a 0.2 Bc	a 0.3 Ba	b 0.4 Aa	a 0.2 Bb	b 0.1 Bb	b 0.3 Aa	b 0.0 Bd	c 0.0 Bc
Sem cultivo	a 0.8 Aa	a 0.4 Bab	a 0.3 Ba	b 0.4 Aa	a 0.3 Aa	b 0.1 Bb	b 0.3 Aa	b 0.0 Bd	c 0.0 Bc
Média					0.3				
C.V. (%)					19.7				

Letra antecedendo a média compara os herbicidas entre si para cada cobertura e dose; Média seguida por letra maiúscula na linha compara as doses para cada herbicida e cobertura; Média seguida de letra minúscula (posterior ao número) compara as coberturas entre si na coluna para cada dose de herbicida. Todas as comparações foram efetuadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).