



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

FELIPE NONEMACHER

**FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS
INIBIDORES DE FS II E DE ALS**

**ERECHIM
2016**

FELIPE NONEMACHER

**FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS
INIBIDORES DE FS II E DE ALS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel em Agronomia na Universidade
Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

**ERECHIM
2016**

Nonemacher, Felipe

Fitorremediação de solo contaminado com herbicidas inibidores de FT II e de ALS / Felipe Nonemacher. -- 2016. 37 f.

Orientador: Leandro Galon.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia , Erechim, RS , 2016.

1. Introdução. 2. Material e Métodos. 3. Resultados e Discussão. 4. Literatura Citada. I. Galon, Leandro, orient.II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

FELIPE NONEMACHER

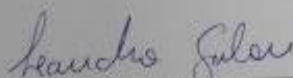
**FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS
INIBIDORES DE FS II E DE ALS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado com requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.


Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado em: 02/06/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. D. Sc. Leandro Galon



Prof. Dr. Gisnael Francisco Perin



Eng. Agr. César Tiago Forte

1 FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDAS

2 INIBIDORES DE FS II E DE ALS

3 RESUMO - O controle de plantas daninhas torna-se prática importante de manejo
4 efetuada nas principais culturas, para isso são utilizados herbicidas inibidores da
5 acetolactato sintase (ALS) e do Fotossistema II. Porém esses herbicidas podem
6 permanecer no solo e causar problemas em culturas cultivadas em sucessão, processo
7 esse conhecido como *carryover*. Pode-se usar como alternativa, para despoluir solos
8 contaminados com herbicidas a técnica da fitorremediação. Sendo assim objetivou-se
9 com o trabalho avaliar o potencial fitorremediador das espécies, ervilhaca (*Vicia sativa*),
10 nabo (*Raphanus sativus*), centeio (*Secale cereale*), soja preta (*Glycine max*) e capim-
11 colônia (*Panicum maximum* cv. áries) cultivadas em solos contaminados com atrazine
12 e chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl, marcas comerciais Proof® e Ligate®
13 respectivamente. Os herbicidas foram aplicados em pré-emergência das espécies. Foram
14 instalados dois experimentos, o primeiro testou-se o potencial fitorremediador das
15 espécies e o segundo usou-se o pepino como cultura bioindicadora para comprovar se
16 houve a despoluição do solo. As variáveis avaliadas aos 40 dias após e emergência
17 (DAE) foram: fitotoxicidade (%), altura (cm), diâmetro (cm), perfilhos em gramíneas e
18 ramificações em dicotiledoneas e a massa seca da parte aérea das plantas (g). Dentre as
19 espécies testadas, a ervilhaca e a soja preta apresentaram o melhor desempenho ao se
20 aplicar os herbicidas chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl bem como o atrazine
21 independentemente da dose avaliada. O capim-colônia demonstrou bom potencial
22 fitorremediador de solo, quando este apresenta contaminação por atrazine.

23 **Palavras-chave:** carryover, fitorremediação de solo, sustentabilidade dos
24 agroecossistemas.

26 PHYTOREMEDIATION OF SOIL CONTAMINATED WITH ALS AND PS II

27 INHIBITORS HERBICIDES

28 ABSTRACT: The weed control becomes an important practice performed on the main
29 crops, applying herbicides such as Acetolactate Synthase (ALS) and Photosystem II (PS
30 II) inhibitors However, these herbicides can remain in the soil and cause problems in
31 crops grown in the next season, this process is known as carryover. An alternative to
32 decontaminate the soil is the phytoremediation practice. In this way, this study aimed to

33 evaluate the phytoremediation potential of the following species: Vetch (*Vicia sativa*),
34 Radish (*Raphanus sativus*), Cereal Rye (*Secale cereale*), Black Soybean (*Glycine max*)
35 and Colônia Grass (*Panicum maximum* cv. Aries), grown in a soil contaminated with
36 atrazine and chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl, trademarks and Proof® and
37 Ligate®, respectively. The herbicides were applied in pre-emergence of the species.
38 Two experiments were installed, the first tested the species phytoremediation potential,
39 and the second used cucumber as bioindicator culture to see if the soil decontamination
40 happened. The variables analyzed on 40 days after emergence (DAE) were:
41 phytotoxicity (%), height (cm), diameter (cm), tillers on grasses and branches in dicots
42 and the dry weight of the shoots (g). Among the species tested, Vetch and Black
43 Soybean showed the best performance for both herbicides regardless of dose evaluated.
44 The Colônia Grass showed good soil phytoremediation potential for atrazine.

45 **Key-words:** Carryover, Soil Phytoremediation, Agro-ecosystems Sustainability.

46

47

INTRODUÇÃO

48 O Brasil, além de estar entre as dez maiores economias do mundo, destaca-se na
49 produção agropecuária, sendo o segundo maior fornecedor mundial de alimentos e
50 produtos agrícolas (FAO, 2015). Segundo o modelo de agricultura desenvolvido, os
51 agrotóxicos são considerados extremamente relevantes na obtenção de resultados
52 produtivos cada vez melhores, tornando o Brasil o maior consumidor desses produtos a
53 nível mundial (MMA, 2015).

54 Entre os métodos de controle de plantas daninhas, o químico torna-se prática
55 indispensável para a agricultura em larga escala, por sua menor dependência de mão-de-
56 obra, eficiência e rapidez no manejo quando comparado a outros métodos de controle
57 (SANTOS et al., 2013).

58 Para a realização do controle das principais plantas daninhas infestantes de
59 culturas, é necessária a utilização de herbicidas de diferentes mecanismos de ação, e em
60 alguns casos que apresentem efeito residual prolongado no solo, para se evitar o refluxo
61 dessas espécies. Quando os herbicidas são aplicados nas lavouras, uma proporção atinge
62 o solo, seja por aplicação direta, por escorrimento das folhas ou por incorporação no
63 processo de degradação das plantas (KRAEMER et al., 2009), podendo ocasionar
64 problemas tanto de contaminação ambiental, como nas culturas semeadas em sucessão,

65 pelo processo conhecido como *carryover* (MANCUSO et al., 2011), pois mesmo em
66 pequenas quantidades estas moléculas permanecem ativas (SANTOS et al., 2012).

67 Os herbicidas pertencentes aos grupos químicos das triazinas e das sulfoniluréias
68 possuem características físico-químicas que lhes permitem persistir no ambiente por
69 longos períodos, e se tratando de controle prolongado das plantas daninhas, essa é uma
70 característica desejada. Além disso, muitos desses herbicidas de longo efeito residual
71 podem lixiviar para camadas mais profundas do solo e contaminar lençóis freáticos.

72 Existem técnicas promissoras que visam amenizar ou até mesmo sanar esses
73 efeitos residuais dos herbicidas, trata-se da fitorremediação, método que consiste na
74 utilização de espécies vegetais como agentes descontaminantes do solo. A
75 fitorremediação consiste no processo de seletividade natural ou resistência desenvolvida
76 por espécies vegetais à algum herbicida ou agente xenobiótico (PIRES et al., 2003).

77 A fitorremediação está diretamente relacionada com a composição do solo, com
78 a capacidade da planta em extrair estes compostos orgânicos (fitoextração), e com a
79 diversidade de microrganismos presentes no solo capazes de favorecer o processo
80 (fitoestimulação), através do aproveitamento de exsudatos radiculares
81 (VASCONCELLOS et al., 2012).

82 A hipótese de trabalho é que existem espécies vegetais cultivadas no inverno que
83 apresentam potencial de fitorremediar solos contaminados com os herbicidas atrazine e
84 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl aplicados para o manejo de plantas daninhas
85 infestantes da soja, milho e sorgo. Diante disso objetiva-se com o trabalho avaliar o
86 potencial fitorremediador das espécies, ervilhaca (*Vicia sativa*), nabo (*Raphanus*
87 *sativus*), centeio (*Secale cereale*), soja preta (*Glycine max*) e capim-colonião (*Panicum*
88 *maximum* cv. Áries) cultivadas em solos contaminados com atrazine e chlorimuron-
89 ethyl + sulfometurom-methyl, marcas comerciais Proof® e Ligate® respectivamente.

90

91

MATERIAL E MÉTODOS

92

93

94

95

96

Os trabalhos foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Erechim/RS. Como substrato foi utilizado solo classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico Distrófico húmico (STRECK et al., 2008). Foram utilizadas diferentes espécies de plantas para identificar qual apresentará potencial de tolerar a aplicação dos herbicidas atrazine e chlorimuron-ethyl

97 + sulfometurom-methyl para posterior emprego como fitorremediadoras de áreas
98 contaminadas por esses produtos.

99 Foram instalados dois experimento, cada um arranjado em esquema fatorial 5 x
100 4, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, sendo o primeiro
101 instalado com o herbicida atrazine e o segundo com chlorimuron-ethyl + sulfometurom-
102 methyl. O fator A foi constituído pelas espécies com potencial fitorremediador:
103 ervilhaca (*Vicia sativa*), nabo (*Raphanus sativus*), centeio (*Secale cereale*), soja preta
104 (*Glycine max*) e capim-colonião (*Panicum maximum* cv. Áries). Todas essas espécies
105 foram escolhidas por apresentarem importância agrícola para o RS, onde são utilizadas
106 como pastagens, cobertura do solo ou para a produção de grãos. No fator B foram
107 alocadas as doses dos herbicidas atrazine (0,0; 2,5; 5,0 e 10,0 L ha⁻¹) e chlorimuron-
108 ethyl + sulfometuron-methyl (0,0; 0,05; 0,100 e 0,200 kg ha⁻¹) marcas comerciais
109 Proof[®] e Ligate[®] respectivamente, aplicados em pré-emergência das culturas. Essas
110 doses aplicadas representam sem herbicida (0x), meia dose (1/2x), dose recomendada
111 (1x) e o dobro da dose (2x) recomendada.

112 As espécies fitorremediadoras foram cultivadas em vaso de polietileno (volume
113 de 8 dm³) preenchidos com solo proveniente da mesma área que serão cultivadas as
114 culturas de milho, soja, trigo, cevada e feijão para avaliar a fitorremediação a campo
115 posteriormente. O referido solo foi coletado em profundidade de 0-20 cm, em área sem
116 histórico de aplicação de herbicidas, peneirado com malha de 4 mm e caracterizado
117 físico e quimicamente. Essa caracterização serviu de base para a correção do pH e para
118 a adubação de acordo com as recomendações técnicas das culturas do milho, trigo, soja
119 e feijão (ROLAS, 2004).

120 Após o preenchimento dos vasos, foram aplicados os herbicidas atrazine e
121 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl, utilizando-se um pulverizador costal de
122 precisão, equipado com duas pontas de pulverização da série TT 110.02, com volume de
123 calda de 150 L ha⁻¹.

124 A semeadura das espécies com potencial fitorremediador foi realizada um dia
125 antes da aplicação dos herbicidas, sendo que após a germinação realizou-se o desbaste
126 deixando duas plantas por vaso. Para o bom desenvolvimento das plantas, efetuou-se
127 irrigação diariamente nas unidades experimentais, mantendo a umidade em torno de
128 80% da capacidade de campo.

129 Aos 40 dias após a emergência das plantas (DAE) foram avaliadas as variáveis:
130 fitotoxicidade, altura, diâmetro, perfilhamento ou ramificações, e massa seca da parte
131 aérea das plantas. A altura de planta foi aferida com régua graduada, medindo-se desde
132 rente ao solo até o ápice das últimas folhas. O diâmetro foi determinado com
133 paquímetro digital a 5 cm do solo. E a massa seca aferiu-se após a secagem em estufa de
134 circulação forçada de ar a uma temperatura de $60\pm 5^{\circ}\text{C}$ até atingir massa constante. A
135 fitotoxicidade foi avaliada de forma visual por dois avaliadores atribuindo-se notas de
136 zero (ausência de injúria) e 100% (morte completa das plantas) de acordo com a
137 metodologia da SBPCPD (1995).

138 A segunda etapa do experimento teve por finalidade a confirmação do potencial
139 das espécies de cobertura fitorremediar o solo contaminado com chlorimuron-ethyl +
140 sulfometuron-methyl e atrazine. Para isso foram coletadas amostras de solo de cada
141 vaso da etapa anterior, peneirando o mesmo, para retirada de materiais grosseiros,
142 torrões e raízes, e colocado em copos plásticos com capacidade para $0,5\text{ dm}^3$. Após foi
143 efetuada a semeadura da espécie bioindicadora, na presença de atrazine e chlorimuron-
144 ethyl + sulfometuron-methyl, pepino (*Cucumis sativus*, híbrido Pioneiro), distribuindo-
145 se 10 sementes por unidade experimental. Posteriormente a emergência das plantas da
146 espécie bioindicadora realizou-se o desbaste deixando-se somente duas plantas por
147 unidade experimental.

148 Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a emergência (DAE), foram avaliadas, visualmente
149 a fitotoxicidade nas plantas de pepino, atribuiu-se notas de zero (ausência de injúria) e
150 100% (morte completa das plantas) de acordo com o proposto pela SBPCPD (1995). Aos
151 35 DAE foram avaliadas a altura e a massa seca da parte aérea da cultura bioindicadora.
152 O processo de secagem se deu da mesma forma que realizada no experimento da
153 primeira etapa.

154 Os dados foram submetidos à análise de variância, em sendo significativos ao
155 fator quantitativo aplicou-se regressões e ao fator qualitativo o teste de Tukey. Todos os
156 testes foram efetuados a $p>0,05$.

157

158

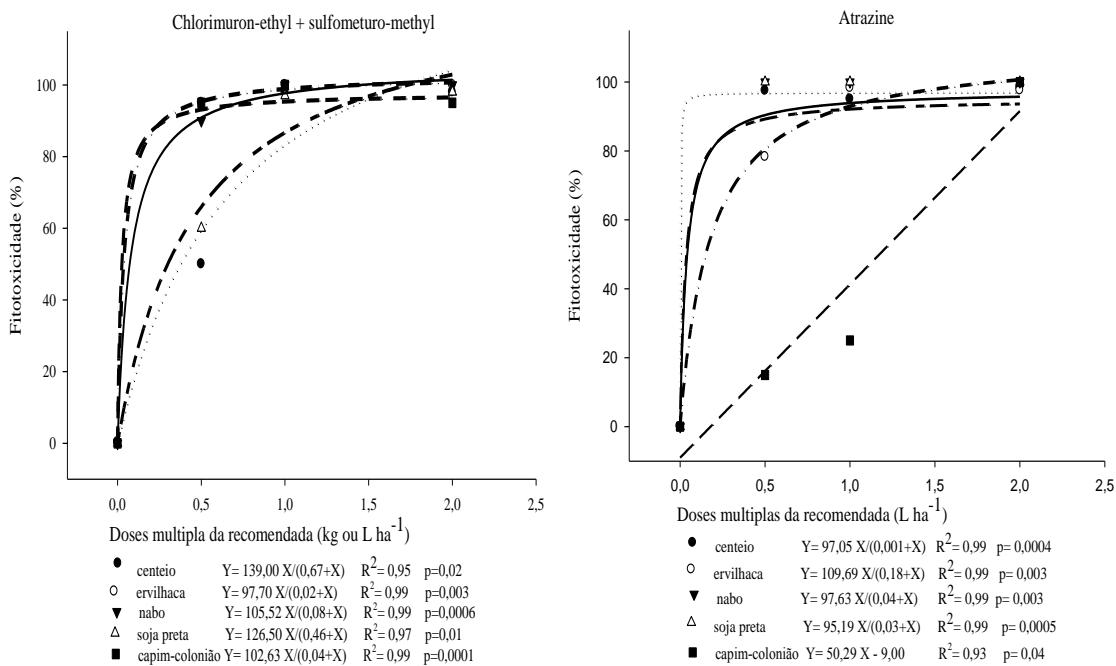
RESULTADOS E DISCUSSÃO

159 Hove interação significativa para os fatores testados (herbicidas x doses) para
160 todas as variáveis analisadas. Os resultados demonstram que os dois herbicidas

161 independente da dose aplicada ocasionaram fitotoxicidade nas espécies testadas (Figura
 162 1). O incremento da dose de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl ocasionou
 163 aumento na fitotoxicidade para as espécies, sendo que já na metade da dose
 164 recomendada, 0,05 kg ha⁻¹, o centeio apresentou cerca de 50% de fitotoxicidade e a
 165 soja preta cerca de 60% nessa mesma dose. A partir da dose recomendada todas as
 166 espécies avaliadas apresentaram fitotoxicidade próxima a 100% ao se aplicar o
 167 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl.

168 A aplicação de atrazine ocasionou elevados sintomas de fitotoxicidade para
 169 todas as espécies testadas, exceto para o capim-colonião que apresentou fitotoxicidade
 170 dentro do aceitável, em torno de 15 e 25% com o uso de meia dose e da dose
 171 recomendada 2,5 e 5,0 L ha⁻¹, respectivamente (Figura 1). A aplicação do dobro da
 172 dose recomendada ocasionou a morte de todas as espécies testadas ou severos sintomas
 173 de injúrias, próximas a 100%.

174 Madalão et. al (2013) ao trabalharem com ensaios de fitorremediação na dose
 175 recomendada de sulfentrazone (800 g ha⁻¹) usando as espécies *Canavalia ensiformis*,
 176 *Crotalaria breviflora*, *C. juncea* e *Dolichos lablab* observaram fitotoxicidade de 70,
 177 75, 80 e 87%, respectivamente. Desse modo os resultados dos pesquisadores
 178 assemelham-se aos observados no presente estudo, apesar dos trabalhos terem
 179 avaliados espécies e herbicidas diferentes.



181 **Figura 1.** Fitotoxicidade ocasionadas por doses múltiplas da recomendada dos herbicidas
 182 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine sobre as culturas do centeio (●), ervilhaca
 183 (○), nabo (▼), soja preta (△) e capim-colonião (■).

184 -----

185 Na Tabela 1 pode-se observar o desempenho das espécies para a variável
 186 fitotoxicidade comparando-se as culturas em relação ao efeito de cada dose para os dois
 187 herbicidas testados (chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine). O centeio e a
 188 soja foram as espécies que apresentaram menor fitotoxicidade ao se aplicar a meia dose
 189 de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl em relação a mesma dose de atrazine. A
 190 ervilhaca, entretanto apresentou menor fitotoxicidade com uso de meia dose do
 191 herbicida atrazine quando comparada a meia dose de chlorimuron-ethyl +
 192 sulfometuron-methyl. O capim-colonião dentre os dois herbicidas testados apresentou
 193 menor fitotoxicidade com aplicação de atrazine até a dose recomendada, pois o uso do
 194 dobro da dose ocasionou a morte da espécie. O uso da dose recomendada ou o dobro da
 195 dose dos dois herbicidas ocasionou severas injúrias para todas as espécies testadas, com
 196 valores maiores que 90%, exceto para capim-colonião que apresentou 25% de
 197 fitotoxicidade com uso da dose recomendada de atrazine. O cultivo prévio de *Panicum*
 198 *maximum* (cv. Tanzânia), reduziu a fitotoxicidade sobre plantas de soja, cultivada em
 199 solos com resíduo de picloram (PROCÓPIO et al., 2009).

200 Procópio et al. (2008) observaram que o cultivo de *Eleusine coracana* em solo
 201 contaminado com picloram, apresentou capacidade de remediar o herbicida do solo, em
 202 uma densidade de semeadura de 172 plantas m⁻². A *E. coracana* se destaca por ser uma
 203 espécie de fácil multiplicação, de baixo custo de aquisição e fácil manejo, por sua
 204 sensibilidade ao herbicida glyphosate.

205

206 **Tabela 1.** Porcentagem de fitotoxicidade das espécies vegetais submetidas a aplicação
 207 de doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine em pré-emergência.

Espécies	Herbicidas		
	Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl	atrazine
Centeio	0	0,0 A ¹	0,0 A
	½	50,0 B	97,5 A
	1	99,0 A	95,0 A
	2	98,0 A	98,3 A

	0	0,0 A	0,0 A
Ervilhaca	½	95,0 A	78,3 B
	1	100,0 A	98,3 A
	2	100,0 A	97,7 A

Nabo	0	0,0 A	0,0 A
	½	100,0 A	100,0 A
	1	100,0 A	100,0 A
	2	100,0 A	100,0 A

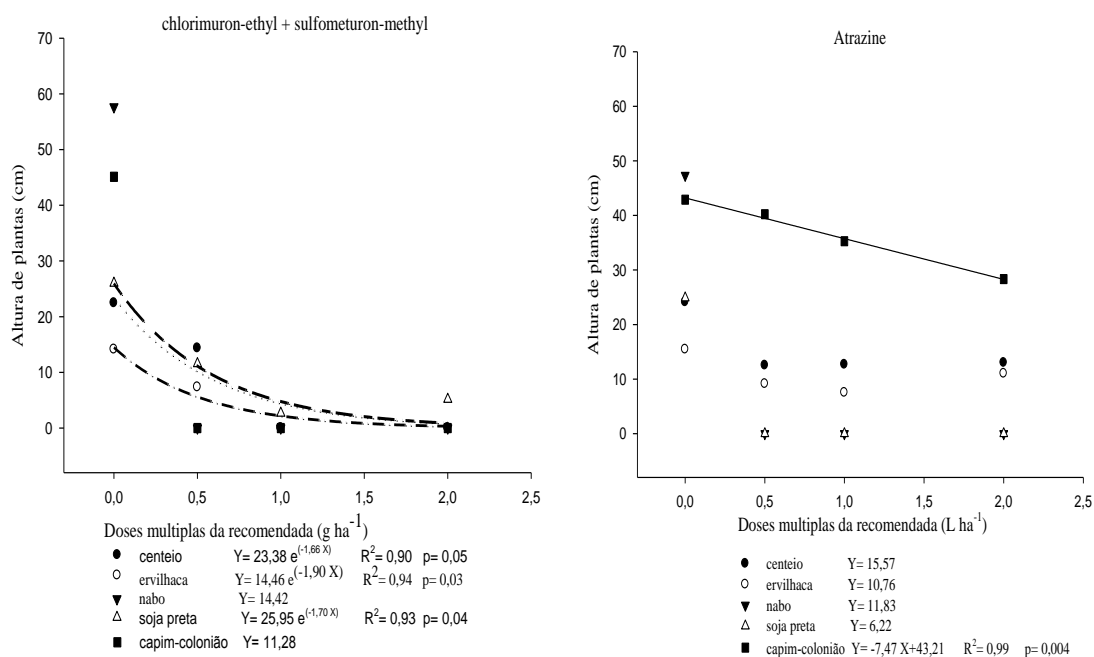
Soja preta	0	0,0 A	0,0 A
	½	60,0 B	100,0 A
	1	97,3 A	100,0 A
	2	98,0 A	100,0 A

Capim-colonião	0	0,0 A	0,0 A
	½	100,0 A	15,0 B
	1	100,0 A	25,0 B
	2	100,0 A	100,0 A

Média Geral			67,56
C.V			3,90

208 ¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a
209 p>0,05.

210 A altura de todas as espécies foi afetada pela aplicação dos herbicidas (Figura
211 2), sendo que as plantas de centeio, ervilhaca e soja preta apresentaram redução
212 aproximada de 50% ao se aplicar 0,05 kg ha⁻¹ de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-
213 methyl, quando comparadas a testemunha sem aplicação. A altura do capim-colonião
214 apresenou decréscimo ao se aplicar 2,5 e 5,0 L ha⁻¹ do herbicida atrazine, ou seja, com
215 o incremento da dose a altura das plantas reduziu linearmente.



217 **Figura 2.** Altura de plantas ocasionadas por doses múltiplas da recomendada dos herbicidas
 218 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine sobre as culturas do centeio (●), ervilhaca
 219 (○), nabo (▼), soja preta (△) e capim-colonião (■).

220 -----

221 Na Tabela 2 observou-se que na dose e no dobro da dose recomendada de
 222 atrazine o centeio e a ervilhaca demonstraram valores superiores de altura quando
 223 comparados ao herbicida chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl nessas mesmas
 224 recomendações. A soja preta apresentou altura superior independente da dose do
 225 herbicida chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl quando comparado a atrazine. O
 226 inverso ocorreu para o capim colonião, que independente da dose de atrazine
 227 apresentou altura superior quando comparado ao herbicida chlorimuron-ethyl +
 228 sulfometuron-methyl. Quando não se realizou cultivo prévio de feijão-de-porco à
 229 semeadura do feijão, observou-se redução de altura das plantas cultivadas em solo
 230 contaminado com trifloxysulfuron-sodium (SANTOS et al., 2006).

231 Franco et al. (2014) relatam que o cultivo prolongado de *Urochloa brizantha* cv.
 232 Piatã sobre área onde havia sido aplicado picloram promoveu melhor resposta em
 233 relação ao crescimento de plantas de feijão, esse fato leva a crer que a espécie tem
 234 capacidade de fitorremediar o herbicida.

235

236 **Tabela 2.** Altura de plantas (cm) das espécies vegetais submetidas a aplicação de doses
 237 de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine em pré-emergência.

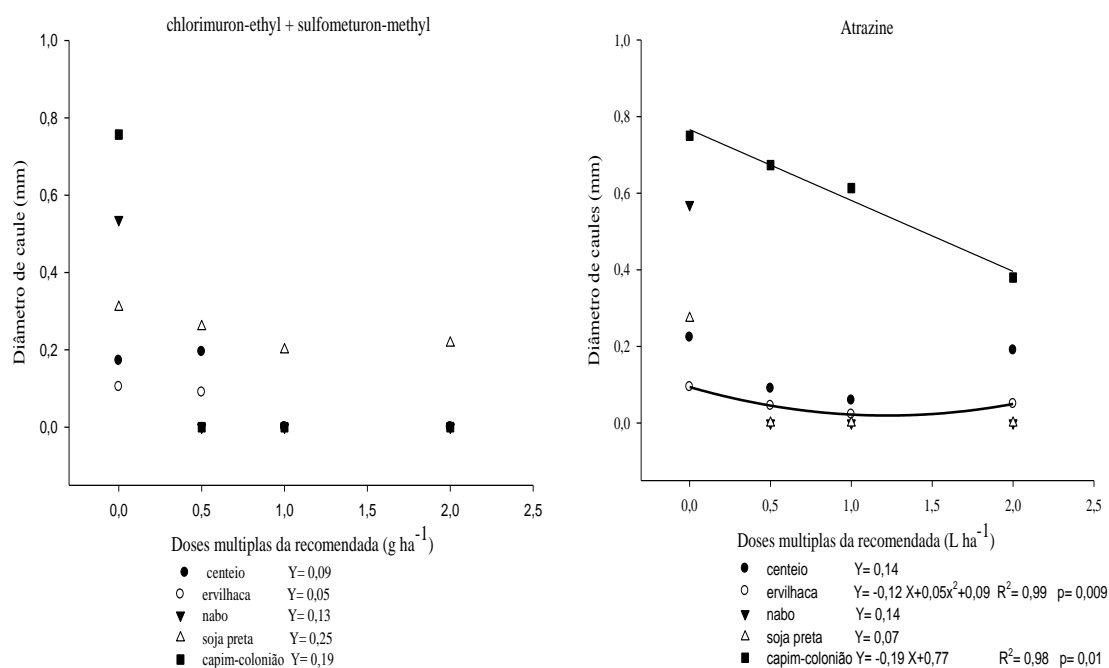
Espécies	Herbicidas		
	Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl	atrazine
Centeio	0	22,4 A ¹	24,13 A
	½	14,3 A	12,5 A
	1	0,0 B	12,7 A
	2	0,0 B	13,0 A
Ervilhaca	0	14,1 A	15,4 A
	½	7,3 A	9,1 A
	1	0,0 B	7,5 A
	2	0,0 B	11,0 A
Nabo	0	57,7 A	47,3 B
	½	0,0 A	0,0 A
	1	0,0 A	0,0 A
	2	0,0 A	0,0 A

Soja preta	0	26,0 A	24,9 A
	½	11,6 A	0,0 B
	1	2,7 A	0,0 A
	2	5,2 A	0,0 B
Capim-colonião	0	45,1 A	42,9 A
	½	0,0 B	40,2 A
	1	0,0 B	35,3 A
	2	0,0 B	28,3 A
Média Geral		13,27	
C.V		16,15	

238 ¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a
239 p>0,05.

240

241 Os resultados demonstram que o uso de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-
242 methyl não apresentaram diferenças significativas para a aplicação de nenhuma das
243 doses (Figura 3) sobre o diâmetro das plantas avaliadas. Já a aplicação de atrazine
244 apresentou diferenças significativas para a aplicação desse herbicida sobre a ervilhaca e
245 o capim-colonião onde o incremento das doses provocaram menor diâmetro. No dobro
246 da dose de atrazine ocorreu um incremento no diâmetro de plantas, provocado
247 provavelmente pelo entumescimento dos vasos pelo efeito do herbicida, onde as plantas
248 aumentam a espessura do caule para tentar buscar água e nutrientes do solo. Esse
249 mesmo fato foi relatado por Galon et al., (2016) ao trabalharem com o efeito de
250 herbicidas inibidores do FS II do grupo das triazinas (atrazine + cimazine) em
251 cultivares de sorgo sacarino.



252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

Figura 3. Diâmetro de caule de plantas ocasionados por doses múltiplas da recomendada dos herbicidas chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine sobre as culturas do centeio (●), ervilhaca (○), nabo (▼), soja preta (△) e capim-colonião (■).

Algumas espécies apresentaram diferenças no diâmetro em relação ao herbicida aplicado e até mesmo em função das doses (Tabela 3). O centeio ao se aplicar meia dose apresentou maior diâmetro quando se usou o chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl, porém, quando foi submetido ao dobro da dose o diâmetro foi maior para o atrazine. Meschede et al. (2008) ao avaliarem o crescimento de raiz de *Commelina benghalensis*, verificou que a partir da dose de 6 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate as raízes tiveram seu diâmetro incrementado.

O diâmetro da soja preta foi maior para o chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl independente da dose, quando comparado as diferentes doses de atrazine.

Já para o capim-colonião ocorreu o inverso, visto que apresentou diâmetro superior independente da dose de atrazine, quando comparado as diferentes doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl. Tanto a ervilhaca como o nabo não apresentaram variação no diâmetro com o incremento das doses aplicadas de ambos os herbicidas.

272 **Tabela 3.** Diâmetro de caule (mm) das espécies vegetais submetidas a aplicação de
 273 doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine em pré-emergência.

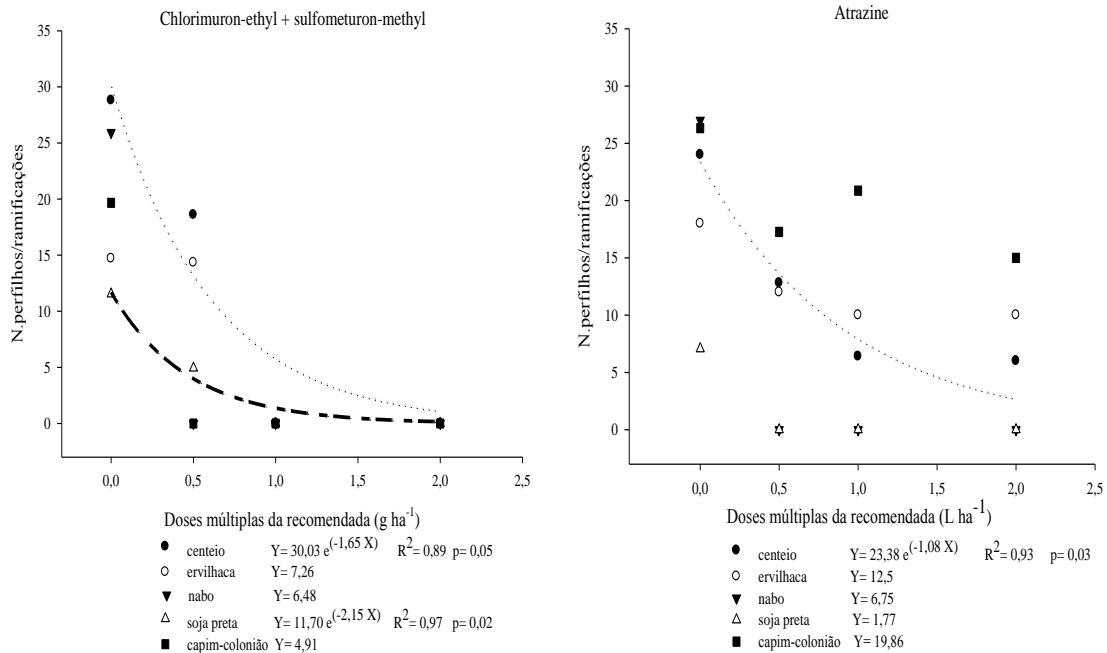
Espécies	Herbicidas		
	Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl	atrazine
Centeio	0	0,17 A ¹	0,22 A
	½	0,20 A	0,09 B
	1	0,0 A	0,06 A
	2	0,0 B	0,19 A
Ervilhaca	0	0,10 A	0,09 A
	½	0,09 A	0,05 A
	1	0,00 A	0,02 A
	2	0,00 A	0,05 A
Nabo	0	0,54 A	0,57 A
	½	0,00 A	0,00 A
	1	0,00 A	0,00 A
	2	0,00 A	0,00 A
Soja preta	0	0,31 A	0,27 A
	½	0,26 A	0,00 B
	1	0,20 A	0,00 B
	2	0,22 A	0,00 B
Capim-colônia	0	0,76 A	0,75 A
	½	0,00 B	0,67 A
	1	0,00 B	0,61 A
	2	0,00 B	0,38 A
Média Geral		0,17	
C.V		23,60	

274 ¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a
 275 p>0,05.

276

277 O número de perfilhos do centeio foi decaindo à medida que incrementou-se as
 278 doses dos dois herbicidas testados, ocorrendo mesma situação para o número de
 279 ramificações de soja preta, porém com o uso de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-
 280 methyl. Para o herbicida atrazine não houve redução de ramificações comparando-se a
 281 dose recomendada com o dobro da mesma (Figura 4). Observou-se que o uso de
 282 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl provocou decréscimo no número de
 283 perfilhos do centeio e de ramificações da soja preta em todas as doses testadas do
 284 herbicida. Já atrazine somente provocou decréscimo no número de perfilhos do centeio.
 285 Isso se espera da atrazine por ser indicada para o controle de algumas gramíneas em

286 diferentes culturas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011), porém não há registro para o
 287 uso em centeio. O incremento da dose de atrazina reduziu substancialmente o
 288 perfilhamento de plantas de milho aos 60 dias após a emergência, mesmo essa sendo
 289 uma cultura capaz de metabolizar esse herbicida (DAN et al., 2010).



290

291 **Figura 4.** Número de perfilhos e/ou de ramificações das plantas ocasionadas por doses múltiplas
 292 da recomendada dos herbicidas chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine sobre as
 293 culturas do centeio (●), ervilhaca (○), nabo (▼), soja preta (△) e capim-colonião (■).

294

295 Verificou-se (Tabela 4) que na meia dose do herbicida chlorimuron-ethyl +
 296 sulfometuron-methyl o número de ramificações de centeio e de soja preta foram menos
 297 afetadas quando comparadas a meia dose do herbicida atrazine (Tabela 4). Constatou-se
 298 também que o centeio, ervilhaca e o capim-colonião, na dose recomendada e dobro da
 299 dose de atrazine apresentam o número de ramificações/perfilhos, superior quando
 300 comparadas as mesmas doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl.

301

302 Algumas espécies apresentam alta taxa de degradação inial do atrazine, como é
 303 o caso do *Lolium multiflorum*, e sua tolerância se da pelo seu metabolismo, através da
 P450 (MERINI et al., 2009)

304

305 **Tabela 4.** Número de perfilhos ou de ramificações de espécies vegetais submetidas a
 306 aplicação de doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine em pré-
 307 emergência.

Espécies	Herbicidas		
	Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl	atrazine
Centeio	0	28,8 A ¹	24,0 A
	½	18,6 A	12,8 B
	1	0,0 B	6,4 A
	2	0,0 B	6,0 A
Ervilhaca	0	14,7 A	18,0 A
	½	14,3 A	12,0 A
	1	0,0 B	10,0 A
	2	0,0 B	10,0 A
Nabo	0	25,9 A	27,0 A
	½	0,0 A	0,0 A
	1	0,0 A	0,0 A
	2	0,0 A	0,0 A
Soja preta	0	11,5 A	7,1 B
	½	4,9 A	0,0 B
	1	0,0 A	0,0 A
	2	0,0 A	0,0 A
Capim-colonião	0	19,7 B	26,3 A
	½	0,0 B	17,3 A
	1	0,0 B	20,9 A
	2	0,0 B	15,0 A
Média Geral		8,78	
C.V		27,22	

308 ¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a
 309 p>0,05.

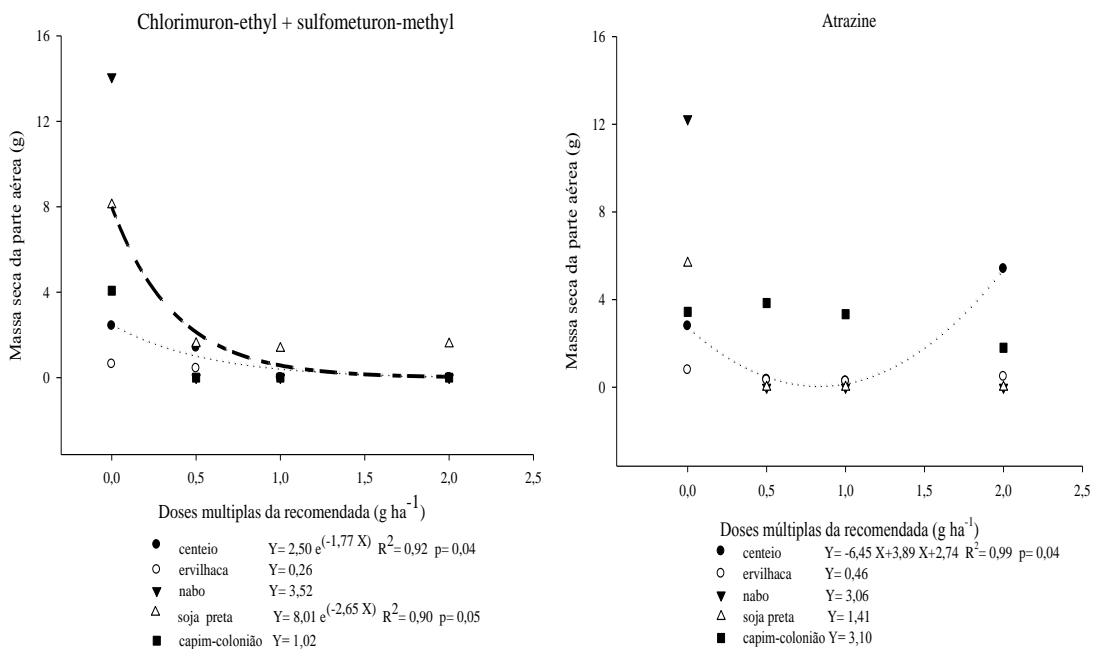
310

311 Galon et al. (2014), ao estudarem preliminarmente espécies de inverno para fins
 312 de fitorremediação de solos contaminados com imazethapyr + imazapic e imazapic +
 313 imazapyr observaram que a ervilhaca conseguiu sobreviver a aplicação da dose e o
 314 dobro da doses recomendadas desses produtos para o controle de plantas daninhas
 315 infestantes de arroz irrigado. Apesar do chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl
 316 pertencerem ao mecanismo de ação inibidor de ALS, igual ao imazethapyr + imazapic
 317 e imazapic + imazapyr esses herbicidas são de grupos químicos diferentes, mesmo
 318 assim a ervilhaca demonstra tolerância a esses produtos de diferentes grupos químicos,

319 o que torna-se interessante já que essa planta pode ser usada como cobertura de solo,
320 pastagem e agora demonstra potencial para fitorremediação de solos.

321 A massa seca de centeio e da soja preta apresentaram decréscimos com o
322 incremento das doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl (Figura 5), já para
323 as demais espécies não houve diferenciação para essa variável independentemente da
324 dose aplicada. O mesmo aconteceu com aplicação de atrazine, porém somente a massa
325 seca de centeio apresentou significância estatística e menor acúmulo com o aumento
326 das doses. A massa seca do centeio apresentou redução de 50% ao se aplicar 0,05 kg
327 ha⁻¹ de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl, enquanto que a soja preta
328 demonstrou redução aproximada de massa seca de 80% independente da dose de
329 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl usada. O uso de chlorimuron-ethyl +
330 sulfometuron-methyl e atrazine sobre a ervilhaca não apresentou variação de massa
331 seca independente da dose aplicada de ambos os herbicidas demonstrando assim
332 tolerância dessa espécie para os produtos aplicados.

333



334

335 **Figura 5.** Massa seca da parte aérea de plantas ocasionadas por doses múltiplas da recomendada
336 dos herbicidas chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine sobre as culturas do centeio
337 (•), ervilhaca (○), nabo (▼), soja preta (△) e capim-colonião (■).

338

339 O centeio apresentou menor acúmulo de massa seca com o incremento da dose
 340 de atrazine, chegando a mais de 90% de redução ao se aplicar 5,0 L ha⁻¹. Pode-se
 341 observar que o capim-colonião não demonstrou variação de massa seca nas doses de
 342 0,0; 2,5 e 5,0 L ha⁻¹ de atrazine, apresentando redução apenas quando submetido ao
 343 dobro da dose recomendada do herbicida (Figura 5). Além disso, na comparação com
 344 as demais espécies, o capim-colonião foi a que apresentou maior massa seca quando
 345 submetido à aplicação de doses múltiplas de atrazine (Figura 5 e Tabela 5).

346 De acordo com a Tabela 5, independente da dose aplicada a massa seca da soja
 347 preta foi superior ao se usar o herbicida o uso de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-
 348 methyl quando comparado a todas as doses de atrazine. O uso de atrazine em todas as
 349 doses sobre o capim-colonião demonstrou os maiores valores de massa seca se
 350 comparado ao chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl. Independentemente da dose
 351 aplicada de tebuthiuron ao solo, ocasionou efeito deletério no acúmulo de massa seca
 352 de *C. juncea* espécie testada como fitorremediadora de solo (Pires et al., 2008). Por
 353 pertencerem ao mesmo mecanismo de ação o tebuthiuron e atrazine inibidores de
 354 fotossistema II ocasionam efeitos diferenciados sobre as espécies.

355

356 **Tabela 5.** Massa seca da parte aérea das espécies vegetais submetidas a aplicação de
 357 doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine em pré-emergência.

Espécies	Herbicidas		
	Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl	atrazine
Centeio	0	2,4 B ¹	5,4 A
	½	1,4 B	2,8 A
	1	0,0 A	0,4 A
	2	0,0 A	0,3 A
Ervilhaca	0	0,6 A	0,8 A
	½	0,4 A	0,3 A
	1	0,0 A	0,3 A
	2	0,0 A	0,5 A
Nabo	0	14,0 A	12,2 A
	½	0,0 A	0,0 A
	1	0,0 A	0,0 A
	2	0,0 A	0,0 A
Soja preta	0	8,1 A	5,7 B
	½	1,6 A	0,0 B

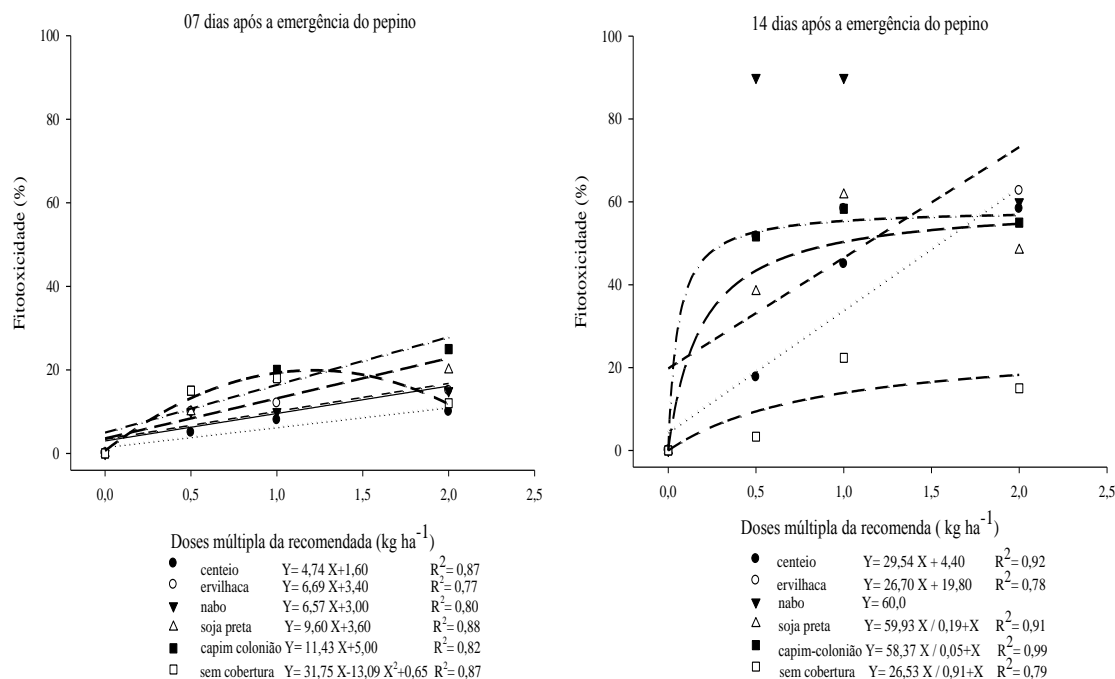
	1	1,4 A	0,0 B
	2	1,6 A	0,0 B
Capim-colonião	0	4,1 A	3,4 A
	½	0,0 B	3,8 A
	1	0,0 B	3,3 A
	2	0,0 B	1,8 A
Média Geral		1,92	
C.V		21,22	

358 ¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a
359 p>0,05.

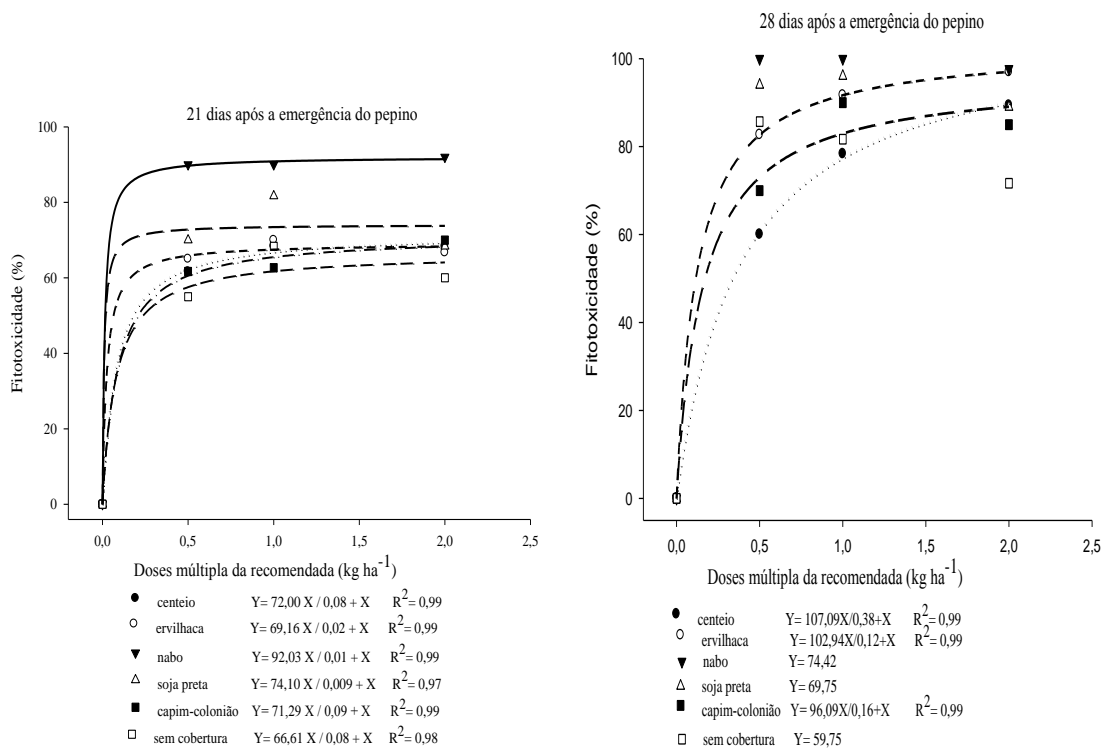
360

361 Observou-se nas avaliações de fitotoxicidade ocasionado pelo herbicida
362 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl ao pepino usado como planta bioindicadora,
363 que ocorreu aumento da injúria em todas as épocas avaliadas (7, 14, 21 e 28 DAE) para
364 todas as coberturas testadas (Figura 6). De maneira geral o tratamento que não se
365 envolveu coberturas de solo foi o que apresentou os menores sintomas de fitotoxicidade
366 sobre o pepino.

367



368



369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

Figura 6. Fitotoxicidade (%) à cultura do pepino aos 07, 14, 21 e 28 dias após a emergência em função da aplicação de doses múltiplas da recomendada do herbicida chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl após a fitorremediação do solo com as coberturas; centeio (●), ervilhaca (○), nabo (▼), soja preta (△), capim-colonião (■) e sem cobertura (□).

O processo de sorção desses herbicidas aos colóides do solo pode proteger os mesmos contra processos de biodegradação, sendo assim quanto maior o nível de sorção dos herbicidas menor será a sua biodisponibilidade e mais dificultosa sua degradação (KRAEMER et al., 2009). Ressalta-se ainda que algumas plantas quando associadas a microrganismos de solo conseguem fazer com que haja maior disponibilidade dos herbicidas na solução do solo e conseqüentemente ocorre a absorção pelo sistema radicular.

Os resultados demonstram que dentre todas as plantas testadas com potencial para a fitorremediação do solo, que o centeio foi a que apresentou melhor resultado, já que de maneira geral, em todas as doses aplicadas de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl quando se usou espécies como potencial para fitorremediar o solo foi a que apresentou os menores sintomas de fitotoxicidades sobre o pepino, planta bioindicadora da presença do herbicida (Tabela 6). E dentre todas as espécies testadas o nabo foi a que apresentou os piores resultados como planta fitorremediadora de solo.

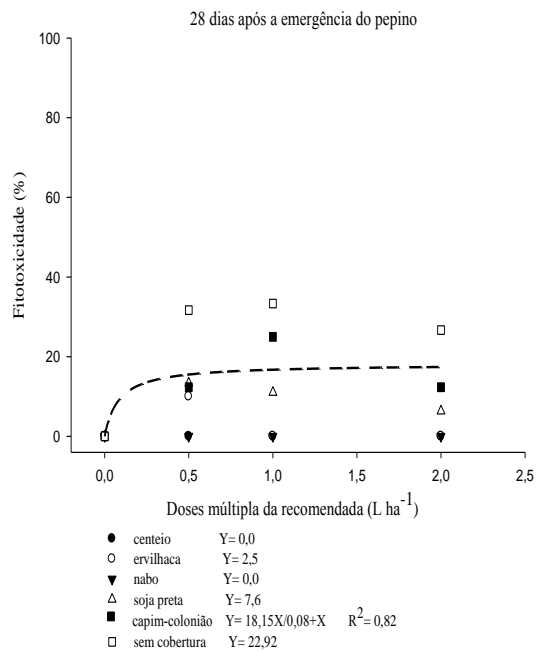
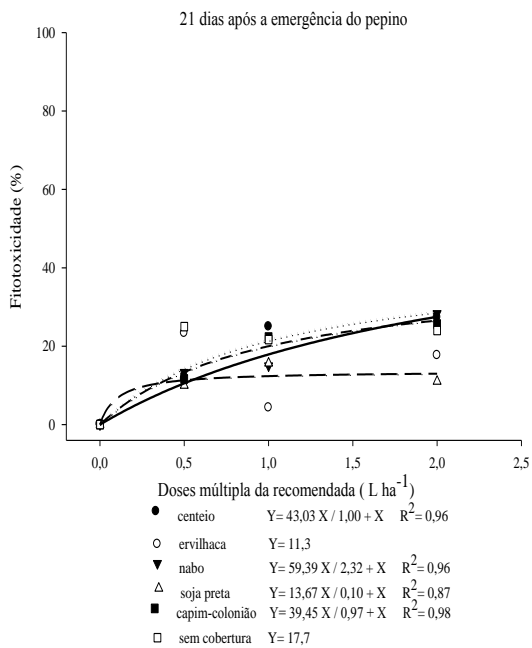
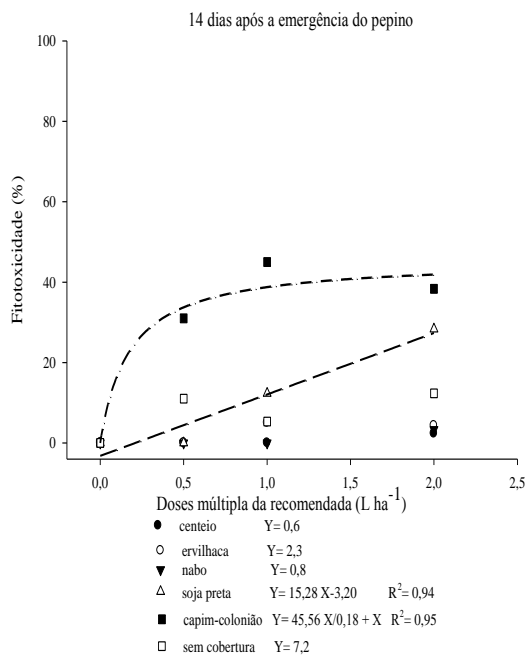
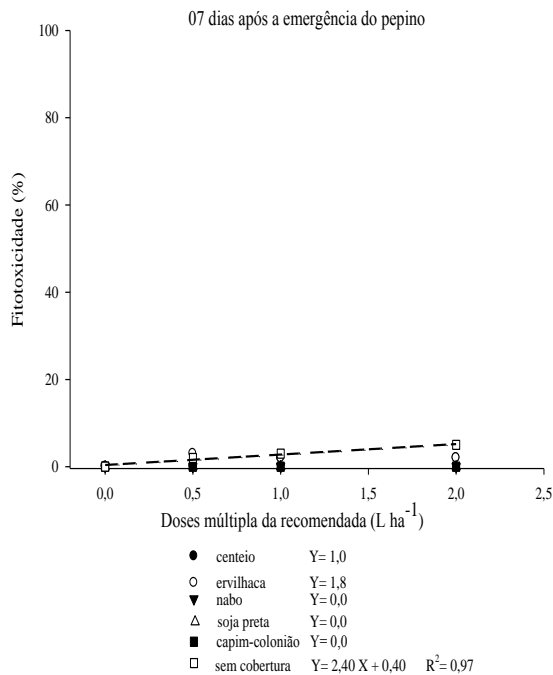
389 **Tabela 6.** Fitotoxicidade (%) do herbicida chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl
 390 sobre o pepino usado como espécie bioindicadora de solo fitorremediado.

Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	Espécies	Fitotoxicidade (%) ao pepino			
		07 DAE	14 DAE	21 DAE	28 DAE
0	Centeio	0,0 a ¹	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Ervilhaca	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Nabo	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Soja preta	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Capim-colonião	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Sem plantas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	½	Centeio	5,0 c	17,7 d	61,7 bc
Ervilhaca		10,0 b	51,7 b	65,0 bc	82,7 c
Nabo		10,0 b	90,0 a	90,0 a	100,0 a
Soja preta		10,0 b	38,3 c	70,0 b	94,0 ab
Capim-colonião		15,0 a	51,7 b	62,7 c	70,0 d
Sem plantas		15,0 a	31,0 cd	55,0 c	85,7 bc
1		Centeio	8,0 e	45,0 c	68,3 bc
	Ervilhaca	12,0 c	58,3 bc	70,0 bc	91,7 ab
	Nabo	10,0 d	90,0 a	90,0 a	100,0 a
	Soja preta	18,0 b	61,7 b	81,7 ab	96,0 a
	Capim-colonião	20,0 a	58,33 c	62,7 c	90,0 ab
	Sem plantas	18,0 b	45,00 c	68,3 bc	81,7 bc
	2	Centeio	10,0 e	58,3 ab	68,3 b
Ervilhaca		15,0 c	62,7 a	66,7 b	97,0 a
Nabo		15,0 c	60,0 ab	92,0 a	97,7 a
Soja preta		20,0 b	48,3 bc	68,3 b	89,0 ab
Capim-colonião		25,0 a	55,0 ab	70,0 b	85,0 b
Sem plantas		12,0 d	38,3 c	60,0 b	72,7 c
Média Geral		10,47	40,08	52,90	65,01
C.V. (%)	1,57	14,58	11,06	6,95	

391 ¹Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo
 392 teste de Tukey a p>0,05.

393

394 Com relação ao atrazine, observou-se que o centeio, nabo, soja preta e capim-
 395 colonião foram as plantas que possibilitam os menores sintomas de injúria desse
 396 herbicida sobre o pepino, ao se avaliar essas características em todas as épocas – 7, 14,
 397 21 e 28 DAE (Figura 7). Ressalta-se que o capim colonião apresentou menos que 10%
 398 de fitotoxicidade a planta bioindicadora.



399

400

401

402

403

404

405

406

407

Figura 7. Fitotoxicidade (%) à cultura do pepino aos 07, 14, 21 e 28 dias após a emergência em função da aplicação de doses múltiplas da recomendada do herbicida atrazine após a fitorremediação do solo com as coberturas centeio (●), ervilhaca (○), nabo (▼), soja preta (△), capim-colonião (■) e sem cobertura (□).

Ao se comparar as espécies entre si em cada dose, observou-se em todas as épocas avaliadas (7, 14, 21 e 28 DAE) que a soja preta, capim-colonião e o solo

408 mantido sem plantas foi onde ocorreu os maiores sintomas de fitotoxicidade sobre o
 409 pepino quando se aplicou o herbicida atrazine (Tabela 7).

410

411 **Tabela 7.** Fitotoxicidade (%) do herbicida atrazine sobre o pepino usado como espécie
 412 bioindicadora de solo fitorremediado.

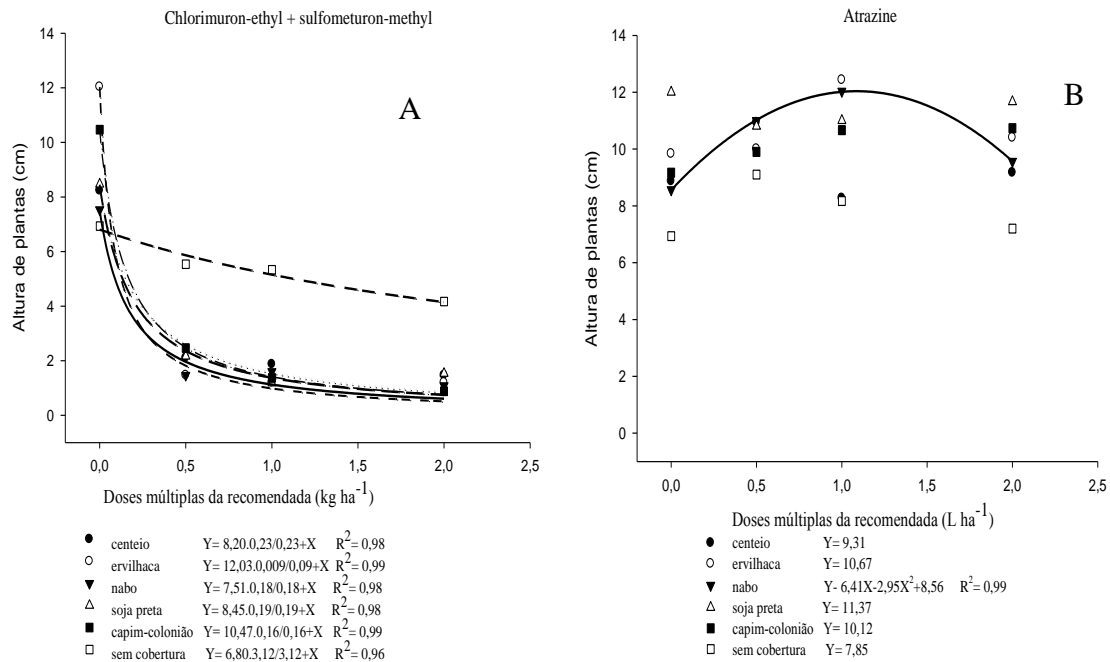
		Fitotoxicidade (%) ao pepino			
Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	Espécies	07 DAE	14 DAE	21 DAE	28 DAE
0	Centeio	0,0 a ¹	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Ervilhaca	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Nabo	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Soja preta	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Capim-colonião	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	Sem plantas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
½	Centeio	0,0 c	3,3 b	11,7 c	0,0 c
	Ervilhaca	3,0 a	0,0 b	23,3 ab	10,0 b
	Nabo	0,0 c	0,0 b	13,3 bc	0,0 c
	Soja preta	0,0 c	0,0 b	10,0 c	13,3 b
	Capim-colonião	0,0 c	0,0 b	11,7 c	12,3 b
	Sem plantas	2,0 b	11,0 a	25,0 a	31,7 a
1	Centeio	2,0 b	22,3 a	25,0 a	0,0 c
	Ervilhaca	2,0 b	0,0 c	4,3 b	0,0 c
	Nabo	0,0 c	5,0 bc	15,0 a	0,0 c
	Soja preta	0,0 c	0,0 c	15,7 a	11,0 b
	Capim-colonião	0,0 c	12,3 b	22,3 a	25,0 a
	Sem plantas	3,0 a	5,3 bc	21,7 a	33,3 a
2	Centeio	2,0 b	15,0 b	27,3 ab	0,0 c
	Ervilhaca	2,0 b	2,3 c	17,7 bc	0,0 c
	Nabo	0,0 c	4,3 c	28,3 a	0,0 c
	Soja preta	0,0 c	3,7 c	11,0 c	6,3 bc
	Capim-colonião	0,0 c	28,3 a	25,7 ab	12,3 b
	Sem plantas	5,0 a	12,3 b	24,0 ab	26,7 a
Média Geral		1,08	5,36	13,96	7,75
C.V. (%)		26,36	58,47	30,52	47,35

413 ¹Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo
 414 teste de Tukey a p>0,05.

415

416 Observou-se que a altura de plantas de pepino foi severamente afetada com o
 417 aumento das doses de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl para todas as espécies
 418 utilizadas como plantas com potencial fitorremediador de solo (Figura 8 A). Destaca-se,
 419 no entanto que o solo mantido sem coberturas o incremento das doses do herbicida

420 afetaram negativamente a altura do pepino, porém menos que o solo onde havia
 421 cobertura. Com relação ao herbicida atrazine não houve diferenças estatísticas para a
 422 altura de plantas do pepino para todas as espécies testadas, exceto para o nabo ao se
 423 observar que nas doses menores a planta bioindicadora apresentou maior altura e o uso
 424 do dobro da dose diminuição (Figura 8 B).
 425



426 **Figura 8.** Altura (cm) de plantas de pepino em função da aplicação de doses múltiplas da
 427 recomendada do herbicida chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl (A) e de atrazine (B) após a
 428 fitorremediação do solo com as coberturas centeio (●), ervilhaca (○), nabo (▼), soja preta
 429 (△), capim-colonião (■) e sem cobertura (□).

431
 432 Com relação à altura de plantas de pepino, observou-se ao se comparar o uso de
 433 espécies fitorremediadoras que quando o solo permaneceu sem cobertura (sem plantas),
 434 que houve efeito positivo a cultura bioindicadora, ou seja, essa cresceu mais em todas as
 435 doses aplicadas de chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl (Tabela 8). A redução na
 436 altura de plantas dos tratamentos onde havia cultivo de espécies remediadoras,
 437 comparado com o tratamento sem plantas, possivelmente se deve ao efeito alelopático
 438 das espécies sobre a cultura bioindicadora, no caso o pepino (PROCÓPIO et al., 2005).

439 Os resultados demonstram que ao se aplicar o atrazine e após se cultivar espécies
 440 fitorremediadoras como a ervilhaca, nabo, soja preta e capim coloniãõ efeito positivo

441 dessa para a semeadura do pepino em sucessão as mesmas. Desse modo ocorreu
 442 fitorremediação do solo ao se aplicar o atrazine e após cultivar as espécies de cobertura,
 443 pois como pode ser visto na Tabela 8, o solo que permaneceu sem cultivo (sem planta)
 444 demonstrou as menores alturas de planta do pepino.

445 **Tabela 8.** Altura (cm) de plantas de pepino usado como espécie bioindicadora de solo
 446 contaminado com os herbicidas chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl e atrazine,
 447 respectivamente.

Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	Espécies	Altura de plantas (cm)	Altura de plantas (cm)
0	Centeio	8,2 c ¹	8,9 bc
	Ervilhaca	12,0 a	9,8 b
	Nabo	7,5 cd	8,6 bc
	Soja preta	8,5 c	12,0 a
	Capim-colonião	10,5 b	9,2 b
	Sem planta	6,9 d	6,9 c
½	Centeio	2,1 b	10,9 a
	Ervilhaca	1,5 b	10,0 a
	Nabo	1,5 b	11,0 a
	Soja preta	2,2 b	10,8 a
	Capim-colonião	2,5 b	9,9 a
	Sem planta	5,5 a	9,1 a
1	Centeio	1,9 b	8,3 b
	Ervilhaca	1,2 b	12,4 a
	Nabo	1,6 b	12,0 a
	Soja preta	1,2 b	11,0 a
	Capim-colonião	1,4 b	10,7 a
	Sem planta	5,3 a	9,2 b
2	Centeio	1,5 b	9,2 bc
	Ervilhaca	1,2 b	10,4 ab
	Nabo	1,1 b	9,6 ab
	Soja preta	1,5 b	11,7 a
	Capim-colonião	0,9 b	10,7 ab
	Sem planta	4,2 a	7,2 c
Média Geral		3,85	9,93
C.V. (%)		13,67	8,75

448 ¹Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo
 449 teste de Tukey a p>0,05.

450

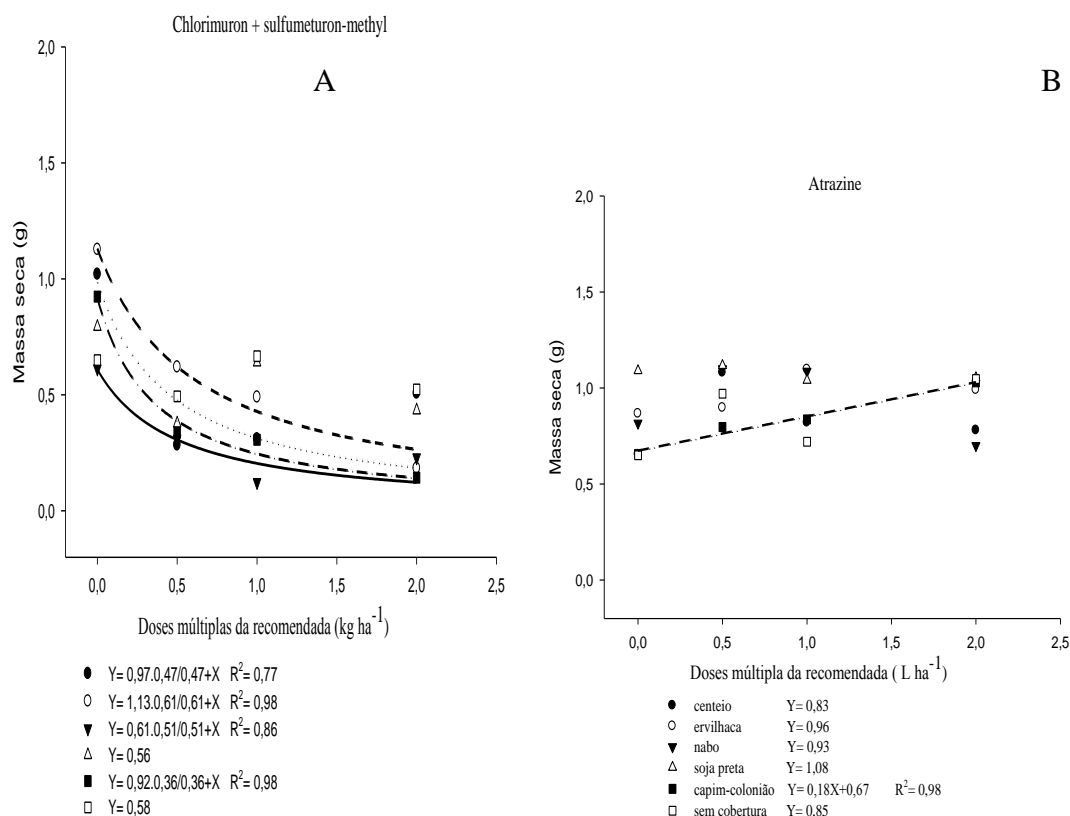
451 De maneira geral observou-se que todos os tratamentos envolvidos na
 452 fitorremediação de solo provocaram um menor acúmulo de massa seca do pepino, ou
 453 seja, não ocorreu a descontaminação completa do solo que foi tratado com chlorimuron-

454 ethyl + sulfometuron-methyl tendo-se assim expressado os sintomas de injúrias na
455 planta bioindicadora de produto no solo (Figura 9 A). Esses dados também corroboram
456 com os observados para a fitotoxicidade e altura de plantas de pepino, onde o herbicida
457 chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl apresentou efeito prejudicial mesmo após o
458 cultivo de espécies com potencial fitorremediador. Ao se comparar as espécies entre si
459 para cada dose de herbicida constatou-se que o centeio, ervilhaca, soja preta e solo sem
460 cultivo apresentaram os maiores valores de massa seca para o pepino ao se aplicar o
461 herbicida chlorimuron-ethyl + sulfometuron-methyl (Tabela 9).

462 Para o herbicida atrazine constatou-se que o cultivo do pepino, em sucessão a
463 soja preta, apresentou maior média de massa seca se comparado aos demais tratamentos
464 (Figura 9 B). No entanto o único tratamento que apresentou significância estatística foi
465 o uso de capim-colonião cultivado anteriormente ao pepino, e que mesmo ao se
466 incrementar as doses de atrazine houve aumento do acúmulo de massa seca da cultura
467 bioindicadora.

468 Pires et al. (2006) obtiveram em seus resultados, redução da biomassa da soja
469 cultivada após cultivos de adubos verdes, onde havia sido submetido aplicação de 1,0
470 kg ha⁻¹ do herbicida tebuthiuron.

471



472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

Figura 9. Massa seca de plantas de pepino em função da aplicação de doses múltiplas da recomendada do herbicida chlorimuron + sulfometuron-methyl (A) e de atrazine (B) após a fitorremediação do solo com as coberturas centeio (●), ervilhaca (○), nabo (▼), soja preta (△), capim-colonião (■) e sem cobertura (□).

O solo mantido sem planta ao se aplicar a dose recomendada de atrazine apresentou o pior resultado para o acúmulo de massa seca de pepino cultivado em sucessão (Tabela 9). Já no dobro da dose recomendada o nabo, seguido do centeio foram as coberturas de solo que demonstraram resultados inferiores para a massa seca do pepino ao se comparar com as demais espécies. Algumas espécies apresentaram maior capacidade de remediar solo, e algumas não apresentaram resultado satisfatório.

Assis et al. (2010) verificaram que a espécie testada como fitorremediadora de solo *Eleusine coracana* (capim-pé-de-galinha-gigante) não foi eficiente em garantir pleno acúmulo de massa seca pelas plantas de soja, quando cultivadas em solo que recebeu as duas doses do herbicida picloram (80 e 160 g ha⁻¹).

489 **Tabela 9.** Massa seca (g) de plantas de pepino usado como espécie bioindicadora de
 490 solo fitorremediado após a aplicação de chlorimuron + sulfometuron-methyl e atrazine,
 491 respectivamente.

Dose múltipla da recomendada (kg ou L ha ⁻¹)	Espécies	chlorimuron + sulfometuron-methyl	atrazine
		Massa seca (g)	Massa seca (g)
0	Centeio	1,0 a ¹	0,7 b
	Ervilhaca	1,1 a	0,9 ab
	Nabo	0,6 c	0,8 b
	Soja preta	0,8 bc	1,1 a
	Capim-colonião	0,9 b	0,7 b
	Sem planta	0,7 c	0,7 b
½	Centeio	0,3 b	1,1 a
	Ervilhaca	0,6 a	0,9 ab
	Nabo	0,3 b	1,1 a
	Soja preta	0,4 b	1,1 a
	Capim-colonião	0,4 b	0,8 b
	Sem planta	0,5 ab	0,9 ab
1	Centeio	0,3 bc	0,8 bc
	Ervilhaca	0,5 ab	1,1 a
	Nabo	0,1 c	1,1 a
	Soja preta	0,6 a	1,0 ab
	Capim-colonião	0,3 bc	0,8 bc
	Sem planta	0,7 a	0,7 c
2	Centeio	0,5 a	0,8 bc
	Ervilhaca	0,2 c	0,9 ab
	Nabo	0,2 bc	0,7 c
	Soja preta	0,4 ab	1,1 a
	Capim-colonião	0,1 c	1,0 a
	Sem planta	0,5 a	1,0 a
Média Geral		0,50	0,91
C.V. (%)		17,94	10,18

492 ¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo
 493 teste de Tukey a 5% de probabilidade.

494

495 Os resultados permitem concluir que a ervilhaca e a soja preta apresentaram
 496 melhor desempenho entre as espécies ao se usar o chlorimuron-ethyl + sulfometuron-
 497 methyl e atrazine, independentemente da dose aplicada, já para atrazine em específico o
 498 capim-colonião foi a que demonstrou potencial satisfatório como planta
 499 fitorremediadora de solo. Novos estudos tornam-se necessários para comprovar as

500 conclusões retiradas desse trabalho e que sejam efetuados a campo, visto que o terreno
501 sem cultivo também demonstrou resultados satisfatórios.

502

503

LITERATURA CITADA

504 Assis R.L. et al. Fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por
505 plantas de capim pé de galinha gigante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
506 **Ambiental**. 2010; 14: 1131-35.

507 Dan H.A. et al. Seletividade do atrazine à cultura do milho (*Pennisetum glaucum*).
508 **Planta Daninha**. 2010; 28: 1117-24.

509 Franco M.H.R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com picloram por
510 *Urochloa brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2014; 44: 460-67.

511 Galon L. et al. Potencial de espécies vegetais para fitorremediação de solos com
512 herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**. 2014; 32: 719-26.

513

514 Galon L. et al. Seletividade e eficiência de herbicidas usados no controle de plantas
515 daninhas infestantes do sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2016. NO
516 PRELO.

517

518 Kraemer A.F. et al. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas.
519 **Planta Daninha**. 2009; 27: 629-39.

520

521 Madalão J.C. et al. Susceptibilidade de espécies de plantas com potencial de
522 fitorremediação do herbicida sulfentrazone. **Revista Ceres**. 2013; 60: 111-21.

523

524 Mancuso M.A.C., Negrisoli E., Perim L. Efeito residual de herbicidas no solo
525 (“carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**. 2011; 10: 151-64.

526

527 Merini L.J. et al. Phytoremediation potential of the novel atrazine tolerant *Lolium*
528 *multiflorum* and studies on the mechanisms involved. **Environmental Pollution**. 2009;
529 157: 3059-63.

530

531 Meschede D.K., Velini E. D., Carbonari C. A. Baixas doses de glyphosate e seus efeitos
532 no crescimento de *Commelina benghalensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**. 2008;
533 7: 53-8.

534

535 Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Agrotóxicos, 2015**. Disponível em:
536 <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

537

538 Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO. **Perspectivas**
539 **Agrícolas 2015-2024**. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/b-i4761o.pdf> >. Acesso
540 em: 10 nov. 2015.

541

542 Pires F.R. et al. Avaliação da fitorremediação de tebuthiuron utilizando *Crotalaria*
543 *juncea* como planta indicadora. **Revista Ciências Agrônômicas**. 2008; 39: 245-50.

544

545 Pires F.R. et al. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o
546 herbicida tebuthiuron. **Revista Caatinga**. 2006;19: 92-7.

547

548 Pires F.R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta**
549 **Daninha**. 2003; 21: 335-41.

550

551 Procópio S.O. et al. Fitorremediação de solo contaminado com picloram por capim-pé-
552 de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2008;
553 32: 2517-24.

554

555 Procópio S.O. et al. Efeito da densidade populacional de *Panicum maximum* (cultivar
556 Tanzânia) na fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram. **Semina:**
557 **Ciências Agrárias**. 2009; 30: 295-304.

558

559 Procópio S.O. et al. Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium.
560 **Planta Daninha**. 2005; 23: 9-16.

561

- 562 Rodrigues, B.N., Almeida F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: IAPAR, 2011. 697p.
563
- 564 ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de**
565 **adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed.
566 Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p
567
- 568 Santos D.P. et al. Determinação de espécies bioindicadoras de resíduos de herbicidas
569 auxínicos. **Revista Ceres**. 2013; 60: 354-62.
570
- 571 Santos G. et al. Carryover proporcionado pelos herbicidas s-metolachlor e trifluralin nas
572 culturas de feijão, milho e soja. **Planta Daninha**. 2012; 30: 827- 34.
573
- 574 Santos J.B. et al. Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium por
575 diferentes densidades populacionais de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.).
576 **Ciência e Agrotecnologia**. 2006; 30: 444-49.
577
- 578 Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - SBCPD. **Procedimentos para**
579 **instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD,
580 1995. 42p
581
- 582 Streck E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre:
583 Emater/RS, 2008. 222p.
- 584
- 585 Vasconcellos M.C., Pagliuso D., Sotomaior V.S. Fitorremediação: Uma proposta de
586 descontaminação do solo. **Estudos de Biologia: Ambiente e Diversidade**. 2012; 34:
587 261-67.
588

589 **NORMAS DA REVISTA PLANTA DANINHA**

590

591 Os artigos e as revisões devem ter até 25 páginas (folha tamanho A4 com
592 margens de 3 cm, fonte em Times New Roman tamanho 12, páginas e linhas numeradas
593 sequencialmente), incluindo tabelas e figuras. As Notas Científicas devem apresentar

594 até 12 páginas, incluindo tabelas e figuras. Notas científicas são breves comunicações,
595 cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas
596 com volume insuficiente para constituir um artigo científico. As revisões são publicadas
597 a convite da Revista.

598 O texto deve ser digitado em programa compatível com o Word (Microsoft), em
599 espaçamento 1,5. As principais divisões do texto (Introdução, Material e Métodos,
600 Resultados e Discussão) devem ser em maiúsculo e negrito, e centralizadas na página.
601 Notas científicas não apresentam divisões, conforme mencionado anteriormente.

602 O título do manuscrito deve refletir o conteúdo do trabalho e não deve ter
603 subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos. O nome científico deve ser indicado no
604 título apenas se a espécie for desconhecida.

605 Os nomes do autor e co-autores devem ser inseridos no "sistema de submissão"
606 na mesma ordem em que aparecerão no trabalho final. Não indicar a autoria do trabalho
607 no texto do manuscrito que será encaminhado aos assessores ad-hoc.

608 O resumo e abstract devem apresentar o objetivo da pesquisa de forma clara e
609 concisa, os métodos de forma resumida, os resultados mais relevantes e as conclusões,
610 não devendo conter citações bibliográficas. O texto deve apresentar até 250 palavras,
611 frases curtas, completas e com conexão entre si. O título do trabalho em inglês, abstract
612 e keywords devem ser fiéis versões do título em português, resumo e palavras-chave.

613 As palavras-chave e keywords não devem repetir palavras do título, devendo-se
614 incluir o nome científico das espécies estudadas. As palavras devem ser separadas por
615 vírgula e iniciadas com letra minúscula, inclusive o primeiro termo. Os autores devem
616 apresentar de 3 a 6 termos, considerando que um termo pode ser composto de duas ou
617 mais palavras.

618 A Introdução deve ter de uma a duas páginas, conter a justificativa para a
619 realização do trabalho, situando a importância do problema científico a ser solucionado.
620 A informação contida na Introdução deve ser suficiente para o estabelecimento da
621 hipótese da pesquisa. Os autores devem citar trabalhos recentes publicados em
622 periódicos científicos, porém a citação de trabalhos clássicos é aceita em número
623 moderado. Deve-se evitar a citação de resumos e abstracts. No último parágrafo da
624 Introdução, os autores devem apresentar a hipótese científica e o objetivo do estudo, da
625 mesma forma que no Resumo.

626 O Material e Métodos deve apresentar a descrição da condição experimental e
627 dos métodos utilizados de tal forma que haja informação suficiente e detalhada para que
628 o trabalho seja repetido. Fórmulas, expressões ou equações matemáticas devem ser
629 iniciadas à margem esquerda da página. Incluir referências à análise estatística utilizada
630 e informar a respeito das transformações dos dados. A indicação de significância
631 estatística deve ser da seguinte forma: $p < 0,01$ ou $p > 0,05$ (letra "p" em minúsculo).

632 No item Resultados e Discussão, os autores devem apresentar os resultados da
633 pesquisa e discuti-los no sentido de relacionar as variáveis analisadas à luz dos objetivos
634 do estudo. A mera comparação dos resultados com os dados apresentados por outros
635 autores não caracteriza a discussão dos mesmos. Deve-se evitar especulação excessiva e
636 os dados não devem ser apresentados simultaneamente em tabelas e em figuras. Não
637 haverá um capítulo separado para Conclusões, mas os autores poderão finalizar o
638 capítulo "Resultados e Discussão" com uma conclusão sumarizada.

639 Apenas as referências estritamente necessárias para a compreensão do artigo
640 devem ser citadas, sendo recomendado ao redor de 25 referências para artigos e notas
641 científicas. A listagem das referências deve iniciar em uma nova página.

642 **Atenção:** de acordo com as regras internacionais de autocitação bibliográfica,
643 somente serão aceitas até **cinco (5)** citações de artigos da revista Planta Daninha por
644 artigo submetido.

645 As citações de autores no texto devem ser em caixa baixa seguidas do ano de
646 publicação. Para dois autores, usar "e" ou "and" se o texto for em inglês. Havendo mais
647 de dois autores, citar o sobrenome do primeiro, seguido de et al. Mais de um artigo dos
648 mesmos autores, no mesmo ano, devem ser discriminados com letras minúsculas: Silva
649 et al. (1992a,b). Comunicações pessoais, trabalhos ou relatórios não publicados devem
650 ser citados no rodapé, não devendo aparecer em Referências. A citação de trabalhos
651 publicados em anais de eventos científicos deve ser evitada.

652 As referências são normatizadas segundo os modelos abaixo e devem estar em
653 ordem alfabética de autores e, dentro desta, em ordem cronológica de trabalhos;
654 havendo dois ou mais autores, separá-los por ponto e vírgula; os títulos dos periódicos
655 devem ser escritos por extenso; incluir apenas os trabalhos citados no texto, em tabelas
656 e/ou em figuras, na seguinte forma:

657 **a) Periódicos**

658 Tuffi Santos L.D. et al. Exsudação radicular de glyphosate por *Brachiariadecumbens* e
659 seus efeitos em plantas de eucalipto. **Planta Daninha**. 2008;26:369-74.

660 Chauhan B.S., Johnson D.E. Row spacing and weed control timing affect yield of
661 aerobic rice. **Field Crops Res**. 2011;121:226-31.

662 Molin W.T., Wright A.A., Nandula V.K. Glyphosate-resistant goosegrass from
663 Mississippi. **Agronomy**. 2013;3:474-87.

664 **b) Livros e capítulos de livros**

665 Devem ser evitados.

666 Senseman S.A. **Herbicide handbook**. 9th. ed. Lawrence: Weed Science Society of
667 America, 2007.

668 Oliveira Júnior R.S., Constantin J., Inoue M.H. Seletividade para culturas e plantas
669 daninhas. In: Oliveira Júnior R.S., Inoue M.H., editores. **Biologia e manejo de plantas**
670 **daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.243-62.

671 Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - SBCPD. **Procedimentos para**
672 **instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995.
673 42p.

674 Turner R.G., Colbert S.F. Aminocyclopyrachlor herbicide mixtures for the western US
675 vegetation management market. In: Proceedings of the 64th Annual Meeting of the
676 Western Society of Weed Science; 2011; Spokane. Las Cruces: WSWS, 2011. p.71

677 **c) Dissertações e Teses:**

678 Devem ser evitadas, procurando-se referenciar os artigos publicados na íntegra em
679 periódicos indexados. Citar apenas teses muito recentes, cujos artigos ainda não foram
680 publicados.

681 Ribeiro D.N. **Caracterização da resistência ao herbicida glyphosate em biótipos da**
682 **planta daninha *Loliummultiflorum*(Lam.)**[dissertação]. Piracicaba: Escola Superior
683 de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2008.

684 Tomaz C.A. **Período de germinação de sementes de *Brachiaria decumbens*, *B.***
685 ***humidicola* e *B. ruziziensis***[tese] Botucatu: Universidade Estadual Paulista "Júlio de
686 Mesquita Filho", 2013.

687 Quando absolutamente necessárias ao entendimento do trabalho, tabelas e
688 figuras devem acompanhar o texto. O conjunto tabela ou figura e a sua respectiva
689 legenda deve ser auto-explicativo, sem necessidade de recorrer ao texto para sua
690 compreensão. Os títulos das tabelas e figuras devem ser claros e completos e incluir o
691 nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes. As figuras devem
692 vir no final do texto. São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias
693 usados para ilustrar o texto. Os autores devem evitar cores nas figuras, exceto para
694 fotografias. No caso de figuras compostas, cada gráfico deve ser assinalado com a
695 inscrição "(a, b, c...)", em letra minúscula.

696 As tabelas e figuras devem ser posicionadas após a listagem das referências. Os
697 números nas tabelas devem ser alinhados pela vírgula na coluna. As figuras e tabelas
698 devem ser acompanhadas pela respectiva legenda, com as unidades das variáveis
699 analisadas seguindo o Sistema Internacional de Medidas e posicionadas no topo das
700 colunas nas tabelas, fora do cabeçalho da mesma. As grandezas no caso de unidades
701 compostas devem ser separadas por espaço e a indicação dos denominadores deve ser
702 com notação em sobrescrito. Exemplos: ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), [mg (g MS)⁻¹]. Não serão
703 aceitas figuras e tabelas escaneadas. Figuras deverão estar em boa resolução, editáveis
704 em Word e, ou, Corel Draw, bem como as tabelas deverão estar editáveis no item
705 "Tabela" do Word.

706

707 **Recomendações importantes:**

708 - não mencionar o laboratório, departamento, centro ou universidade onde a pesquisa foi
709 conduzida.

710 - Os autores devem consultar fascículo recente de Planta Daninha para ciência do layout
711 das tabelas e figuras.

712 - Na submissão online dos trabalhos, os nomes do autor e co-autores devem ser
713 inseridos no sistema na mesma ordem em que aparecerão no trabalho final. Não indicar
714 a autoria do trabalho no texto do manuscrito que será encaminhado aos assessores ad-
715 hoc. **Trabalhos com mais de cinco (5) autores serão rejeitados.**