

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SHERITHON MARTINS DE PAULA

EFEITO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM CROTALÁRIAS

CHAPADÃO DO SUL – MS
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SHERITHON MARTINS DE PAULA

EFEITO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM CROTALÁRIAS

Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cassia Félix Alvarez

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, área de
concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2015



Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Câmpus de Chapadão do Sul

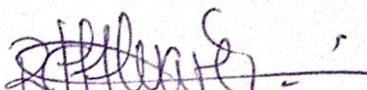


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

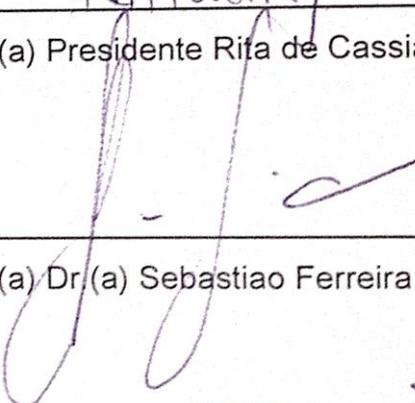
DISCENTE: SHERITHON MARTINS DE PAULA

ORIENTADOR(A): Profa. Dra. Rita de Cassia Félix Alvarez

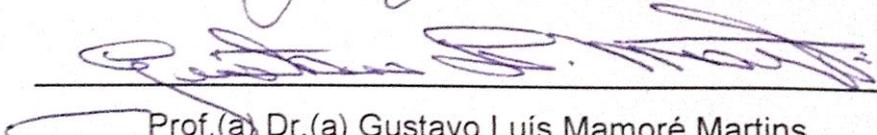
TÍTULO: EFEITO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM CROTALÁRIAS



Prof.(a) Dr.(a) Presidente Rita de Cassia Felix Alvarez



Prof.(a) Dr.(a) Sebastiao Ferreira de Lima



Prof.(a) Dr.(a) Gustavo Luís Mamoré Martins

Chapadão do Sul, 18 de Dezembro de 2015.

DEDICATÓRIA

***Aos meus pais Nilton e Joana,
juntamente com minha irmã
Bruna Laís e meus sobrinhos
Lucas Nilton e Ana Beatriz pelo
apoio e incentivo, sou
eternamente grato.***

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela preciosa dádiva da minha existência, por me fortalecer, ser meu porto seguro e por trilhar meu caminho para a realização dos meus sonhos.

Aos meus pais, Nilton Oliveira e Joana Martins, por todo apoio, confiança e grande incentivo. Obrigado pelos ensinamentos e exemplo de vida.

A minha irmã Bruna Laís e meus sobrinhos Lucas Nilton e Ana Beatriz, por todo carinho, cuidado, incentivo e confiança.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Campus Chapadão do Sul (UFMS - CPCS), pela oportunidade de ensino e pesquisas, assim como todo o programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e aos seus professores, pela contribuição na minha formação profissional.

A minha orientadora, Profa. Dra. Rita de Cassia Felix Alvarez, por todo apoio, confiança e incentivo durante toda essa jornada, que contribuíram para o meu crescimento profissional. Muito obrigado por tudo!

Aos Professores, Dr. Sebastião Ferreira de Lima e Dr. Germison Vital Tomquelski, pelo apoio e contribuições nas pesquisas, ao qual fizeram muito por mim. Muito obrigado por tudo!

À Fundação Chapadão, juntamente com o Pesquisador Germison Vital Tomquelski, com os estagiários, trainees e funcionários, pela colaboração nas pesquisas e pelas amizades realizadas. Foram de grande importância nessa etapa.

Aos membros da banca examinadora da qualificação e da defesa, por suas contribuições.

A todas as pessoas que de forma direta e indireta contribuíram, com força, conselhos e incentivos que me motivaram e muito contribuíram para essa realização.

EPÍGRAFE

"Se o relógio indica a existência do relojoeiro, se o palácio anuncia o arquiteto, como poderia o universo não demonstrar a inteligência suprema? Que planta, que animal, que elemento, que astro, não traz a marca daquele a quem Platão chamava o Eterno Geômetra?... Provas contra a existência de uma Inteligência Suprema nunca ninguém as deu."

Voltaire

RESUMO

PAULA, Sherithon Martins. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Efeito de Herbicidas em Pós-Emergência em Crotalárias.

Professora Orientadora: Dra. Rita de Cassia Félix Alvarez.

As crotalárias são muito cultivadas no sistema de plantio direto, sendo boas opções para rotação de culturas e adubação verde, além de possibilitar lucros com a comercialização de sementes. No entanto, assim como ocorre em todo cultivo, há a ocorrência e influência de plantas daninhas, havendo a necessidade de controle, mas há um complicador, a não existência de registros de herbicidas seletivos para estas culturas. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos de alguns herbicidas aplicados em pós-emergência das culturas de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. Os experimentos foram conduzidos em cultivo de segunda safra, utilizado duas espécies de crotalárias (*C. spectabilis* e *C. ochroleuca*) cultivadas separadamente a campo, ano agrícola 2014/2015. O delineamento experimental utilizado para os dois experimentos foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 11, designado por: cinco épocas de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação) e 10 herbicidas aplicados (Piritiobaque-sódico dose 22,4 g i.a. ha⁻¹, Piritiobaque-sódico dose 42 g i.a. ha⁻¹, Mesotriona dose 72 g i.a. ha⁻¹, Etoxissulfurom dose 12 g i.a. ha⁻¹, Etoxissulfurom dose 24 g i.a. ha⁻¹, Bentazona dose 600 g i.a. ha⁻¹, 2,4-D dose 564 g i.a. ha⁻¹, Atrazina dose 1.250 g i.a. ha⁻¹, Flumicloraque pentílico dose 30 g i.a. ha⁻¹ e Imazetapir dose 30 g i.a. ha⁻¹), além da testemunha, sem aplicação. Foram avaliados a fitotoxicidade de plantas, altura de plantas, estande de plantas, número de folhas por planta, plantas em florescimento e massa seca da parte aérea. As análises do experimento com *C. spectabilis* indicaram que Bentazona, Flumicloraque pentílico, Imazetapir, e Piritiobaque-sódico proporcionaram menor fitointoxicação à *C. spectabilis*, assim como menores interferências em altura e estande de plantas, número de folhas, plantas em florescimento e fitomassa. Ao passo que Atrazina, Mesotriona e 2,4-D apontaram maior fitotoxidez, repercutindo em menores produções, e até a morte das plantas. No experimento com *C. ochroleuca* os herbicidas Bentazona, Imazetapir e Flumicloraque pentílico nas doses 600 g i.a., 30 g i.a. e 30 g i.a. respectivamente, promoveram baixo nível de fitotoxicidade, tendo menor interferência em altura e estande de plantas, plantas em florescimento e massa seca da parte aérea, o qual os prejuízos foram inferiores a 10%, demonstrando maior seletividade para a *Crotalaria ochroleuca*.

Palavras-chave: *Crotalaria spectabilis*. *Crotalaria ochroleuca*. Controle químico.

ABSTRACT

PAULA, Sherithon Martins. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Herbicides effect in Post-Emergency in crotalárias.

Author: Sherithon Martins de Paula.

Adviser: Rita de Cassia Félix Alvarez.

The crotalarias are most cultivated in no-tillage system, with good options for crop rotation and green manure, and enable profits from the marketing of seed. However, just as in every culture, there is the occurrence and influence of weeds, with the need for control, but there is a complication, the absence of selective herbicides records for these crops. This study aimed to evaluate the effects of some herbicides applied post-emergence of the crop *Crotalaria spectabilis* and *Crotalaria ochroleuca*. The experiment was conducted in second-crop cultivation, used two kinds of crotalárias (*C. spectabilis* and *C. ochroleuca*) grown separately in the field, agricultural year 2014/2015. The experimental design for both experiments was a randomized block in a split plot in time with four replications, in a factorial 5 x 11, called: five evaluation times (7, 14, 21, 28 and 35 days after application) and 10 applied herbicides (Pyrithiobac-sodium dose 22.4 g a.i. ha⁻¹, Pyrithiobac-sodium dose 42 g a.i. ha⁻¹, Mesotrione dose 72 g a.i. ha⁻¹, Etoxissulfurom dose 12 g a.i. ha⁻¹, Etoxissulfurom dose 24 g a.i. ha⁻¹, Bentazone dose 600 g a.i. ha⁻¹, 2,4-D dose 564 g a.i. ha⁻¹, Atrazine dose 1.250 g a.i. ha⁻¹, Flumiclorac pentyl dose 30 g a.i. ha⁻¹ and Imazethapyr dose 30 g a.i. ha⁻¹), plus the control without application. They evaluated the phytotoxicity of plants, plant height, plant stand, number of leaves per plant, plants in flowering and dry mass of shoots. The experiment analyzes with *C. spectabilis* indicated that Bentazon, Flumiclorac pentyl, Imazethapyr and Pyrithiobac provided lower-sodium phytointoxication to *C. spectabilis*, as well as smaller interference in height and plant stand, number of leaves, flowering plants and biomass. While Atrazine, Mesotrione and 2,4-D showed higher toxicity symptoms, reflecting in smaller productions, and even death of plants. In the experiment with *C. ochroleuca* the herbicides bentazone, Imazethapyr and flumiclorac Pentyl at doses 600 g a.i., 30 g a.i. and 30 g a.i. respectively, promoted low phytotoxicity, with less interference in height and plant stand, plants flowering and dry mass of shoots, which the losses were less than 10%, showing greater selectivity for the *Crotalaria ochroleuca*.

KEY WORDS: *Crotalaria spectabilis*. *Crotalaria ochroleuca*. Chemical control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES**CAPÍTULO I**

FIGURA		PÁGINA
1	Fitotoxicidade (%) em plantas de <i>C. spectabilis</i> resultante das aplicações dos herbicidas ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS - 2015	44
2	Altura de plantas (cm) de <i>C. spectabilis</i> resultante das aplicações dos herbicidas ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS – 2015	45

CAPÍTULO II

1	Fitotoxicidade (%) em plantas de <i>C. ochroleuca</i> resultante das aplicações dos herbicidas ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS - 2015	60
2	Altura de plantas (cm) de <i>C. ochroleuca</i> resultante das aplicações dos herbicidas ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS - 2015	61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA		PÁGINA
1	Relação dos herbicidas com as respectivas doses aplicadas na cultura de <i>Crotalaria spectabilis</i> . Chapadão do Sul, MS – 2015	43
2	Fitotoxicidade (%) de plantas de <i>C. spectabilis</i> em cada época de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS – 2015	46
3	Altura de plantas (cm) de <i>C. spectabilis</i> em cada época de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS – 2015	46
4	Efeitos de herbicidas aplicados em <i>C. spectabilis</i> , sobre massa seca, estande de plantas, número de folhas por planta e % de plantas em florescimento, aos 35 DAA. Chapadão do Sul, MS – 2015	47

CAPÍTULO II

1	Relação dos herbicidas com as respectivas doses aplicadas na cultura de <i>Crotalaria ochroleuca</i> . Chapadão do Sul, MS - 2015.	59
2	Fitotoxicidade (%) de plantas de <i>C. ochroleuca</i> em cada época de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS - 2015.	61
3	Altura de plantas (cm) de <i>C. ochroleuca</i> em cada época de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS - 2015.	62
4	Efeitos de herbicidas aplicados em <i>C. ochroleuca</i> , sobre massa seca da parte aérea, estande de plantas, número de folhas por planta e % de plantas em florescimento, aos 35 dias após aplicação. Chapadão do Sul, MS - 2015.	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	Plantas de cobertura ou adubo verde.....	12
2.2	Crotalárias	14
2.3	Controle químico sobre plantas daninhas e seletividade	16
2.4	Mecanismos de ação dos herbicidas.....	18
2.4.1	Herbicidas inibidores da enzima ALS	18
2.4.2	Herbicidas inibidores do fotossistema II	19
2.4.3	Herbicidas inibidores da síntese de caroteno	20
2.4.4	Herbicidas inibidores da PROTOX	22
2.4.5	Herbicidas mimetizadores de auxina	24
3	REFERÊNCIAS	26
	CAPÍTULO 1 - EFEITO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM <i>Crotalaria spectabilis</i>.....	32
	INTRODUÇÃO	33
	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
	LITERATURA CITADA	40
	CAPÍTULO 2 – EFEITO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM <i>Crotalaria ochroleuca</i>.....	48
	INTRODUÇÃO	49
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
	LITERATURA CITADA	56

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas de cobertura ou adubo verde, tem sido prática muito utilizada na região dos Chapadões, sendo alternativa promissora para formação e manutenção de palhada sobre o solo, na rotação de cultura entre outras finalidades, contribuindo para uma agricultura sustentável. A presença da cobertura morta é de grande importância, justamente por proporcionar proteção do solo contra erosão, auxiliar no controle de plantas daninhas, aumentar o teor de matéria orgânica no solo e conseqüentemente, auxiliar na formação de um ambiente favorável ao bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas cultivadas (GALVÃO, 2011).

Entre as várias espécies que são cultivadas como plantas de cobertura e para adubação verde, destacam-se as pertencentes à família das leguminosas, por apresentarem a capacidade de associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, a qual resulta em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta, contribuindo com a nutrição das culturas subsequentes (ANDREOLA et al., 2000; PERIN et al., 2003; SILVA et al., 2009). Dentre as espécies de leguminosas recomendadas para cobertura, a *Crotalaria spectabilis* e a *Crotalaria ochroleuca* vem sendo muito utilizadas pelos agricultores, dentre suas vantagens, apresentam ciclo curto, sendo semeadas na entressafra logo após colheita da cultura principal. O produtor pode ainda empregar essas culturas visando à obtenção de lucro através da comercialização de sementes (DOURADO et al., 2001).

Porém, assim como as demais culturas, as crotalárias também podem apresentar perdas significativas na produção quando em competição com plantas daninhas e, por estarem sendo semeadas como cultura, esse fator precisa ser considerado (BRAZ et al., 2015).

No manejo de plantas daninhas, o controle químico é um dos mais utilizados, por ser viável e proporcionar bom rendimento operacional em extensas áreas (SILVA et al., 2014). A utilização de herbicidas já na cultura antecessora, controlando as plantas daninhas, proporciona também a redução de bancos de sementes nas áreas cultivadas, isso porque impedirá a produção e dispersão de novas sementes infestantes na área. Além de contribuir para uma boa produtividade de fitomassa e sementes da cultura, pela não competição entre plantas, desta forma se colherá sementes com maior pureza, devido a não contaminação por outras sementes

produzidas pelas plantas daninhas, proporcionando uma produção de sementes de qualidade.

Entretanto, encontra-se dificuldade na definição e recomendação de herbicidas para as culturas de crotalárias, uma vez que no Brasil, nenhum herbicida possui registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para o uso seletivo em áreas com cultivo das mesmas (AGUIAR et al., 2014). A escassez de informações e trabalhos relacionados à seletividade de herbicidas a esta cultura, dificulta ainda mais.

Os herbicidas nicosulfuron e bentazon foram considerados seletivos a *C. juncea* e *C. spectabilis* dependendo da dosagem utilizada (Nogueira et al., 2015). Braz et al. (2015) avaliaram a utilização de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência de *C. spectabilis*, concluindo que os herbicidas Clorimuron-etil, Diclosulan, Imazetapir, Piritiobac sódico, Trifloxisulfuron-sódico, Clomazone, Pendimethalin, S-metalochlor e Trifluralina, acarretaram em baixos níveis de injúrias a crotalária, contudo, os autores ressaltam a importância de mais pesquisas na área, visando assegurar a seletividade desses produtos e, futuramente, a sua recomendação.

Diante do contexto, objetivou-se no presente trabalho avaliar o potencial de utilização de herbicidas aplicados em pós-emergência da *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*, sobre interferências em fitotoxicidade, altura e estande de plantas, produção de fitomassa e folhas e florescimento, visando seletividade a estas espécies.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plantas de cobertura ou adubo verde

O cultivo de plantas de cobertura tem sido uma boa alternativa para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização dos solos (OLIVEIRA et al., 2002). Contribui para inúmeros benefícios à melhoria da qualidade do solo e a resposta dos cultivos comerciais com o passar do tempo, obtendo maiores produtividades pelo maior aproveitamento da água e nutrientes do solo (CANALLI, 2009; CECCON, 2011).

Tem sua utilização em grande parte como culturas sucessoras, na rotação de cultura, sendo implantadas no outono (FIDELIS et al., 2003). Promovem proteção superficial, bem como à manutenção e melhoria das características físicas, químicas

e biológicas do solo, inclusive a profundidades significativas (CALEGARI et al., 1993). Sendo consideradas uma forma viável de amenizar os impactos da agricultura, além de proporcionar aumentos consideráveis nos teores de matéria orgânica e nutrientes, beneficiando os agroecossistemas e reconhecida como alternativa viável na busca de sustentabilidade dos solos agrícolas (ALCÂNTARA et al., 2000; MARTINS, 2009; LEITE et al., 2010).

As plantas de coberturas promovem biomassa, ao qual serão depositadas ao solo, contribuindo com efeitos na fertilidade do solo, como também contribuindo para maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais; a diminuição dos teores de Al trocável pela sua complexação; e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (CALEGARI et al., 1993).

Estudos de Wildner (1992) com palhada sobre superfície do solo, mostraram a possibilidade do controle de erosão, além de contribuir para diminuição de incidência de plantas daninhas, redução das perdas de nutrientes e atenuação das flutuações da temperatura do solo, contribuindo para a recuperação de áreas degradadas pelo mau uso do solo.

Para que se tenha sucesso na utilização de plantas de coberturas que atendam às necessidades dos sistemas de produção, devem possuir características desejáveis como, boa produção de matéria seca, capacidade de incrementar nutrientes pela simbiose com microrganismos, boa cobertura do solo e reciclagem de nutrientes (CHAVES; CALEGARI, 2001).

De acordo com Miyasaka (1984), as leguminosas são as mais utilizadas como adubos verdes, a principal razão para esta preferência está na capacidade de fixar o N atmosférico mediante a simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* nas raízes, promovendo alto teor de compostos orgânicos nitrogenados na planta, e conseqüentemente uma baixa relação C/N, quando comparada a plantas de outras famílias, favorecendo a redução na aplicação de N via adubo químico para as demais culturas.

As plantas de coberturas, em sua grande maioria são cultivadas no período de entressafra, tendo o desenvolvimento das plantas após a cultura comercial, ou seja, no final da estação chuvosa, exigindo que tais plantas de cobertura apresentem estabelecimento rápido e grande capacidade de penetração do sistema radicular para

explorar um maior volume de solo e reduzir os efeitos de déficit hídrico (PITOL et al., 2006).

Dentre as plantas de cobertura, a crotalária é uma das utilizadas sob SPD e em adução verde, apresentando bom desempenho em condições de cerrado, o qual foi confirmado por Torres et al. (2008) obtendo resultados de boa produção de biomassa e acúmulo de nitrogênio.

2.2 Crotalárias

Entre as diversas leguminosas promissoras para adubação verde na região dos Cerrados, destacam-se as crotalárias (AMABILE et al., 2000; CARNEIRO et al., 2008). O nome se refere ao som de chocalho das vagens secas, semelhante ao da cascavel (*Crotalus* sp.). As espécies do gênero *Crotalaria* são de grande importância para a agricultura dos países tropicais e são utilizadas principalmente como adubo verde para cobertura do solo e combate à erosão, como fertilizante devido a sua capacidade de fixação de N atmosférico e como agente biológico no controle das áreas infestadas com nematoides, sendo não hospedeiras ou hospedeiras desfavoráveis a fitonematoides; além disso, são utilizadas na produção de fibras e celulose de alta qualidade próprias para a indústria de papel e outros fins (MEDINA, 1959; POLHILL, 1982; PENTEADO, 2007; MORAIS, 2014). Também podem ser adotadas como plantas remediadoras de solos contaminados com herbicidas e metais pesados tóxicos (MADALÃO et al., 2012; LINDINO et al., 2012).

Como a crotalária é uma planta usada para prática da adubação verde, recebe menor atenção e cuidados pelo agricultor brasileiro que visa a implantação culturas rentáveis. Entretanto como opção de renda extra, pode-se cultivar a crotalária para fins de produção de sementes, proporcionando uma segunda fonte de renda aos produtores durante um período em que a maioria das áreas ficaria em pousio, à mercê da expansão do banco de sementes de plantas daninhas (DOURADO et al., 2001; SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001).

O gênero *Crotalaria* L., possui uma grande diversidade de espécies, com aproximadamente 600, localizadas principalmente nas regiões tropicais e subtropicais (MONDIN, 2003). O continente Africano é o centro primário de diversidade, onde 550 espécies foram descritas; o Americano é o centro secundário de diversidade onde foram descritas 70 espécies, e a Índia e Austrália também são consideradas centros

de diversidade, entretanto, não há descrições precisas sobre o número de espécies encontradas nestes dois países (MORALES, 2008).

Dentre as crotalárias, as espécies *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* são de grande usualidade dos agricultores dos Cerrados, por atender as características necessárias do plantio direto e adubação verde. Possuem ainda a capacidade de reduzirem significativamente o número e peso de matéria seca da população de plantas daninhas, tais como *Digitaria horizontalis*, *Hyptis lophanta* e *Amaranthus spinosus* (AMABILE et al., 2000; ERASMO et al., 2004).

A *Crotalaria spectabilis*, também conhecida popularmente como crotalária *spectabilis*, guizo de cascavel e chocalho de cascavel, não possui definição certa de sua origem, tendo relatos o Brasil, América do Sul e do Norte e a Índia (CALEGARI et al., 1993; PENTEADO, 2007). É descrita morfológicamente como planta subarborescente de crescimento ereto e determinado, de porte alto (0,6 a 1,5 m), ramificada, glabra; folhas simples, mucronadas no ápice, glabras na face superior e pubescentes na inferior, com 6 a 12 cm de comprimento e 2 a 4 cm de largura; estípulas com 5 a 7 cm de comprimento e apresenta inflorescências terminais, em racemos de 20 a 30 cm de comprimento de coloração amarela. As flores são completas, com a parte masculina e feminina na mesma flor, mas são autoestéreis, isto é, precisam de pólen de uma outra flor para que haja fecundação; o ciclo completo da cultura é entre 180 e 200 dias (CALEGARI et al.; 1993).

Sobre as características agronômicas da *C. spectabilis*, é uma leguminosa anual, de crescimento inicial lento, possui raiz pivotante profunda, podendo romper camadas compactadas. É uma planta de clima tropical e subtropical de ampla adaptação ecológica, e tem apresentado bom comportamento nos diferentes tipos de textura de solo (argilosos - arenosos), inclusive em solos relativamente pobres em fósforo (CALEGARI et al., 1993). Também atua como planta-armadilha em solos infestados por fitonematoides formadores de galhas.

A Crotalária *ochroleuca* (*Crotalaria ochroleuca* L.) é uma leguminosa anual de crescimento determinado, arbustiva, com hábito ereto, possui caule ereto semi-lenhoso, apresentando uma expressiva proporção de caule na composição da biomassa da parte aérea e suas folhas são estreitas (BARRETO; FERNANDES, 2001). Possui a capacidade de reduzir a população de nematoides em solos infestados, como *Meloidogyne spp.* e *Pratylenus spp.* (DEBIASI et al., 2012).

2.3 Controle químico sobre plantas daninhas e seletividade

As plantas daninhas constituem-se em um problema sério para a agricultura, isso porque interferem nos cultivos em áreas agrícolas, competindo com plantas desejáveis, podendo ocasionar perdas de rendimento próximos a 100% (FREITAS et al. 2009). Ao qual necessitam para seu desenvolvimento, os mesmos fatores exigidos pela cultura, ou seja, água, luz, nutriente e espaço, estabelecendo um processo competitivo quando cultura e plantas daninhas se desenvolvem em um mesmo local (VASCONCELOS et al., 2012). Desta forma sendo necessário a intervenção para o controle.

Existem diferentes métodos para o controle das plantas daninhas. Na grande maioria das culturas, o controle químico vem sendo usado de forma ampla e constante, sendo a prática dominante no controle por vários motivos. Entre eles sua eficácia e o rendimento operacional elevado sobre as extensas áreas cultivadas, resultando em redução no número de tratos culturais, liberação de mão-de-obra por demandar uma pequena quantidade quando comparado a outros métodos de controle e, portanto, diminuição dos custos de produção (OLIVEIRA JR., 2011; SILVA et al., 2012).

O uso de herbicidas também proporciona economia de trabalho e energia pela redução dos custos de colheita e de secagem de grãos, em função da eliminação das plantas daninhas (OLIVEIRA JR., 2011). No plantio direto, o controle das invasoras depende da utilização de herbicidas, uma vez que os cultivos e as capinas são incompatíveis com a tecnologia utilizada no sistema (CARVALHO et al., 2003).

O uso de herbicidas pode prevenir a interferência das plantas daninhas principalmente no início do ciclo, período durante o qual normalmente são causadas as maiores perdas nas culturas. É um aspecto importante quando na população de plantas daninhas presentes são encontradas espécies de difícil controle após a emergência, ou quando as plantas daninhas são indesejáveis durante todo o ciclo da cultura, como no caso de áreas destinadas à produção de sementes (OLIVEIRA JR., 2011).

Há um número surpreendente de grupos de herbicidas que atua de forma direta ou indireta em reações fotoquímicas (VITORINO, 2011). Esses herbicidas inibem o fluxo de elétrons no fotossistema II, a enzima glutamina sintetase na via de assimilação de nitrogênio, a protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) durante a

biossíntese da clorofila, assim como inibem diretamente a síntese de pigmentos pela inibição de uma enzima de dessaturação ou indiretamente a síntese de pigmentos pela inibição de uma quinona envolvida em dessaturação, e, capturam elétrons do fotossistema I (HESS, 2000). Outros grupos de herbicidas atuam na inibição de aminoácidos aromáticos, aminoácidos de cadeia ramificada e síntese de lipídeos, onde ocorre a degradação da membrana celular e regulação do crescimento das plantas (HESS, 2000).

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, sendo designada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida (OLIVEIRA JR., 2011).

Os herbicidas seletivos são substâncias químicas capazes de selecionar populações de plantas. O termo “seleção” se refere à atuação destes produtos, provocando a morte de certas plantas e de outras não, onde a seletividade ocorre quando a planta é capaz de metabolizar o herbicida a compostos pouco tóxicos ou não tóxicos, permitindo tolerância à exposição ao produto em determinadas condições (OLIVEIRA JR., 2011; CARVALHO, 2013). A seletividade dos herbicidas depende de componentes fisiológicos, genéticos da espécie ou cultivar, do herbicida utilizado e das condições do ambiente (SILVA et al., 2002).

A utilização de herbicidas somente é possível se há seletividade para a cultura de interesse econômico, caso contrário é necessária a aplicação dirigida, o que dificulta a aplicação e reduz a eficiência de controle das plantas daninhas junto à linha de plantio. Apesar destas vantagens, para que esta prática possa ser utilizada é necessária a identificação de herbicidas que sejam seletivos à cultura e que controlem eficientemente as plantas daninhas infestantes (SOFIATTI et al., 2008).

Apesar da eficiência dos herbicidas existentes comercialmente, não existem herbicidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para as culturas de crotalárias, o que impede a recomendação e o uso de tais produtos (AGUIAR et al., 2014), assim como a escassez de trabalhos sobre a seletividade de herbicidas para a cultura. A maioria das informações sobre a utilização de herbicidas na cultura de crotalária, está relacionada a *Crotalaria Juncea* e outras plantas da mesma família como a soja (*Glycine max*) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Porém, sendo espécies diferentes, pode ocorrer variação na seletividade entre a *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*.

2.4 Mecanismos de ação dos herbicidas

O mecanismo de ação é a forma específica pela qual um herbicida interfere de modo significativo em determinado processo biológico da planta (KISSMANN, 2003). Considera-se que o mecanismo de ação diz respeito ao primeiro ponto do metabolismo das plantas onde o herbicida atuará, sendo o primeiro de uma série de eventos metabólicos que resultam na expressão final sobre a planta (OLIVEIRA JR., 2011). Os herbicidas geralmente inibem a atividade de uma enzima ou proteína na célula e, como consequência, desencadeiam uma série de eventos que alteram o desenvolvimento da célula e do organismo (VIDAL, 1997).

2.4.1 Herbicidas inibidores da enzima ALS

Os inibidores da ALS têm sido intensivamente utilizados em função da alta eficiência em doses muito baixas, baixa toxicidade para mamíferos e boa seletividade para várias das culturas de grande importância econômica (VITORINO, 2011).

Os herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) ou acetohidroxiácido sintase (AHAS) pertencem a diversos grupos químicos, como as imidazolinonas, triazolopirimidas e sulfoniluréias, tendo como moléculas imazetapir, etoxissulfurom e piritiobaque-sódico (CHRISTOFFOLETI, 1997).

Os herbicidas inibidores da ALS provocam a inibição da síntese de aminoácidos de cadeia ramificada, através da inibição da enzima acetolactato sintase, desta forma não catalisando a síntese de três aminoácidos essenciais (valina, leucina e isoleucina), que por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular (TREZZI; VIDAL, 2001).

Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta susceptível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não ocorre a formação do acetolactato, indispensável, para que as demais reações prossigam resultando na formação dos aminoácidos (PORTUGAL, 2013).

A paralização na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralização do crescimento, em plantas susceptíveis ocorre a paralização do crescimento da planta e desenvolvimento de clorose internerval e/ou arroxamento foliar dentro de 7 a 10 dias após a aplicação do herbicida. Nas folhas em emergência pode aparecer manchas e má formação, podendo também haver inibição do

crescimento de raízes laterais quando resíduos do produto estão presentes no solo. Normalmente, nas folhas largas, o meristema apical apresenta necrose e morre antes que as demais partes mais velhas da planta, a morte das plantas susceptíveis ocorre dentre 7 a 21, dependendo do estágio de desenvolvimento na época da aplicação (TREZZI; VIDAL, 2001; OLIVEIRA JR., 2001; KISSMANN, 2003).

O mecanismo primário de seletividade natural às imidazolinas funciona com a capacidade das espécies de metabolizar herbicidas a metabólitos não tóxicos; a tolerância é pouca influenciada pela absorção e translocação. Para as sulfoniluréias, o mecanismo isolado de maior importância em termos de seletividade é a conversão rápida a compostos inativos nas culturas tolerantes, ao modo que pouco ou nenhum metabolismo pode ser mensurado em plantas sensíveis. A sensibilidade relativa de plantas às triazolopiridinas é em função do tempo necessário para absorção e translocação e da taxa de metabolismo dentro da planta (OLIVEIRA JR., 2011).

2.4.2 Herbicidas inibidores do fotossistema II

Os inibidores do fotossistema II (FSII), também são conhecidos como inibidores da síntese de Hill, por inibirem a evolução do oxigênio a partir da água na presença de cloroplastos e de um acceptor adequado de elétrons. A descoberta da ação seletiva destes compostos foi na década de 50, mas até hoje são um dos mais numerosos e importantes grupos de herbicidas, com ampla utilização em diversas culturas (OLIVEIRA JR., 2011).

Os herbicidas inibidores do FSII apresentam como grupo químico as triazinas, uréias e uracilas, tendo como moléculas comerciais a atrazina, bentazona, diurom, entre outras, que promovem a inibição da fotossíntese. O sítio de ação destes herbicidas é na membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa da fotossíntese, mais especificamente no transporte de elétrons (PORTUGAL, 2013).

Estes herbicidas atuam como análogos as plastoquinonas, competindo com as próprias plastoquinonas, exercendo a ação fitotóxica em plantas sensíveis ligando-se ao nicho ou "bolso" da proteína D1, no qual a quinona_B deveria ligar-se para receber os elétrons da quinona_A (KRUSE et al., 2001; POWLES; YU, 2010). Assim bloqueando o transporte de elétrons no fotossistema e gera moléculas de clorofila mais carregadas energeticamente, desta forma dão origem a uma reação em cadeia formando radicais livres como oxigênio singleto, superóxido, radical hidroxila e peróxido de hidrogênio,

que irão peroxidar os lipídios das membranas, formando novos radicais lipídicos, também capazes de oxidar outros lipídios de membranas, e assim, impossibilitando a ocorrência do transporte do elétron até a plastoquinona (FUERST; NORMAN, 1991; VIDAL, 1997; KRUSE et al., 2001).

Dessa forma não existe a produção de ATP, pois a produção de elétrons é interrompida, bem como a produção de NADPH e ocorre a interrupção da fixação de carbono levando a inanição de carboidratos e ao estresse oxidativo (CHRISTOFFOLETI, 1997; POWLES; YU, 2010). A morte das plantas sensíveis ocorre devido ao rompimento das membranas causadas pela peroxidação dos lipídios da mesma, fazendo com que as células e organelas se desidratem e desintegram-se rapidamente, promovendo clorose foliar que é o resultado do rompimento das membranas e posterior necrose (RIZZARDI et al., 2004; OLIVEIRA JR., 2011).

As plantas possuem mecanismos para evitar o estresse oxidativo produzido normalmente em pequeno grau durante a fotossíntese, no entanto quando as plantas são tratadas com inibidores do FSII, a quantidade de radicais produzidos ultrapassa a capacidade de destoxificação desses mecanismos, levando à morte (KRUSE et al., 2001).

É considerado a existência de três formas de ligação dos herbicidas à proteína D1, as quais formam subgrupos dentro deste mecanismo de ação. O primeiro subgrupo é composto por herbicidas dos grupos químicos fenilcarbamatos, piridazinonas, triazinas, triazinonas, triazolinonas e uracilas – C1; o segundo, pelos herbicidas dos grupos amidas e uréias – C2; e o terceiro pelos herbicidas dos grupos benzotiadiazinonas, nitrilas e fenilpiridazinas – C3. Independentemente do sítio específico de ligação, estes herbicidas apresentam sintomas semelhantes de progressão de injúrias nas plantas sensíveis (OLIVEIRA JR., 2011).

A seletividade destes herbicidas, como a atrazina, ocorre pela degradação em muitas plantas tolerantes ao metabolismo do herbicida, especialmente pelo processo de conjugação com glutatona nas folhas, o que com que ele nunca chegue ao cloroplasto para causar injurias (OLIVEIRA JR., 2011).

2.4.3 Herbicidas inibidores da síntese de caroteno

Os herbicidas inibidores da biossíntese de caroteno, também são conhecidos como inibidores de pigmentos, isto porque, promovem a perda de praticamente todos

os pigmentos das plantas suscetíveis, resultando numa aparência “albina” (PORTUGAL, 2013). Os herbicidas deste grupo provocam a inibição da biosíntese de carotenóides, com posterior geração de estresse oxidativo, o qual destrói as membranas das células, levando assim as plantas sensíveis à morte (KRUSE et al., 2001).

O caroteno é um pigmento das plantas responsável, dentre outras funções, pela proteção da clorofila da foto-oxidação; portanto, as plantas suscetíveis têm como sintomatologia o albinismo ("branqueamento") dos tecidos fotossintéticos (CARVALHO; OVEJERO; CHRISTOFFOLETI, 2015).

É subdividido em três conjuntos de herbicidas, que diferem entre si em função do sítio de atuação nos bloqueios dos pigmentos carotenóides, mas apresentam em comum o mesmo típico sintoma de injúria nas plantas. Sendo os grupos divididos em F1, F2 e F3. O grupo F1 tem ação no bloqueio da síntese de carotenos, pela inibição da fitoeno desaturase, causando o acúmulo de fitoeno, entretanto este grupo não possui herbicidas registrados para uso no Brasil (OLIVEIRA JR., 2011).

Os herbicidas pertencentes ao grupo F2, como exemplo os grupos químicos tricetonas, isoxazoles e pirazoles, que possuem moléculas como a isoxaflutole, mesotriona e tetembotriona, inibem a enzima *p*-hidroxifenilpiruvato desidrogenase (HPPD), que é a responsável pela conversão do *p*-hidroximetilpiruvato à homogentisato (OLIVEIRA JR., 2011). Esta é uma reação-chave na síntese de plastoquinona e sua inibição dá início aos sintomas de branqueamento nas folhas que emergem após a aplicação, ao qual estes sintomas são resultados de uma inibição indireta da síntese de carotenóides devido ao envolvimento da plastoquinona como cofator da fitoeno desaturase (SENSEMAN, 2007).

O sítio de atuação específico no grupo F3 não é bem definido, evidências recentes sugerem que o herbicida deste grupo a clomazona é metabolizada para forma 5-ceto-clomane pelas hemoproteínas do sistema citocromo P-450 monooxigenase, tornando-se ativa como herbicida (YUN et al., 2005).

O sintoma mais visível resultante do tratamento com herbicidas inibidores da síntese de carotenóides nas plantas sensíveis é a folhagem totalmente branca produzida após o tratamento, as vezes chamado de crescimento albino. O crescimento da planta continua por algum tempo, mas sem a produção de tecidos fotossintéticos verdes, o crescimento das plantas afetadas não pode ser mantido, cessando o crescimento, e então começam a aparecer os sintomas de necrose.

Quando os carotenoides não estão presentes, as clorofilas no estado triplet iniciam reações de degradação, entre as quais está a destruição da clorofila, por assim sem a presença dos carotenoides, as clorofilas não são capazes de se manterem funcionais e estáveis (OLIVEIRA JR., 2011).

A seletividade destes herbicidas, como exemplo na soja, pode estar relacionada a um somatório de fatores secundários, como hidroxilação, rompimento da cadeia no radical $-N-CH_2$, conjugação com metabólitos, metabolismo mais intenso e menor translocação para os locais de atuação, o qual a planta de soja tolera (OLIVEIRA JR., 2011).

2.4.4 Herbicidas inibidores da PROTOX

Os herbicidas inibidores da PROTOX são pertencentes a um grupo cujo mecanismo de ação inibe a atuação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). São também denominados inibidores da síntese do tetrapirrole ou inibidores da síntese de protoporfirina IX (OLIVEIRA JR., 2001).

O mecanismo de ação dos produtos deste grupo parece estar relacionado com a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX), localizada nos cloroplastos e mitocôndrias, o qual atua na oxidação de protoporfirinogênio à protoporfirina IX, sendo que a protoporfirina IX é um composto fotodinâmico, responsável pela formação de clorofila e citocromos através de reações com Mg e Fe, respectivamente (LEHNEN et al., 1990; VIDAL; MEROTTO JÚNIOR, 2001; WATANABE et al., 2001).

A ação herbicida ocorre pela competição pela enzima PROTOX entre o herbicida e o substrato (protoporfirinogênio IX), como o herbicida possui maior afinidade com a enzima do que o substrato, protoporfirinogênio IX acumula no cloroplasto e difunde para o citoplasma, onde é rapidamente oxidado a protoporfirina IX (JACOBS et al., 1991; LEE; DUKE; DUKE, 1993).

Com a inibição da enzima, ocorre o acúmulo de protoporfirinogênio, que se difunde para fora do centro reativo, onde acontece uma oxidação não-enzimática da mesma. Cogita-se que a protoporfirina IX produzida pela via não enzimática não sofreria a atuação da Mg-quelatase para transformar-se em Mg-protoporfirina IX, e, ou, que teria uma conformação estrutural diferente daquela produzida pela via normal. Neste caso, ocorreria a interação entre oxigênio e luz para levar o O_2 ao estado

singlet, o qual seria responsável, em última instância, pela peroxidação de lipídeos observada nas membranas celulares. Lipídeos e proteínas são atacados e oxidados, resultando em perda da clorofila e carotenóides e rompimento das membranas, o que faz com que as células das organelas sequem e se desintegram rapidamente (OLIVEIRA JR., 2011).

Após a aplicação do herbicida ocorre absorção e pequena translocação desses herbicidas na planta até o local de ação, a luz é sempre necessária para a ação herbicida. O requerimento de luz para a atividade desses herbicidas não está relacionado com a fotossíntese. Com a inibição da PROTOX, a protoporfirina IX se acumula muito rapidamente em células de plantas tratadas. Essa acumulação rápida se deve ao descontrole na rota metabólica de sua síntese. A consequência do descontrole é o aumento rápido do protoporfirinogênio IX, a sua saída para o citoplasma na forma protoporfirina IX, que, na presença de luz e oxigênio, produz a forma reativa do oxigênio (oxigênio singlet), com consequente peroxidação dos lipídios da membrana celular (FERREIRA et al., 2005).

A atividade desses herbicidas é expressa por necrose foliar da planta tratada em pós emergência, após 4-6 horas de luz solar. Os primeiros sintomas são manchas verde-escuras nas folhas, dando a impressão de que estão encharcadas em razão do rompimento da membrana celular e derramamento de líquido citoplasmático nos intervalos celulares, a esses sintomas iniciais segue-se a necrose (FERREIRA et al., 2005).

Estes herbicidas podem ser absorvidos pelas raízes, caule ou folhas de plantas novas, geralmente apresentam pouca ou nenhuma translocação nas plantas. As plantas susceptíveis apresentam necrose nas folhas rapidamente (um a três dias). Mesmo em espécies consideradas tolerantes, as plantas podem exibir injúrias de moderadas a severas após a aplicação destes herbicidas em pós-emergência. Doses subletais podem produzir sintomas de bronzeamento das folhas mais novas, ao passo que a deriva de pequenas gotas causa o aparecimento de pequenas manchas brancas nas folhas (OLIVEIRA JR., 2011).

Quando em contato direto com a folhagem apresentam pouca seletividade, no entanto a seletividade ocorre basicamente pela metabolização da molécula do herbicida, muitas culturas possuem capacidade de rapidamente recuperar a área foliar afetada (ex: lactofen e acifluorfen aplicados em soja) ocorre certo nível de injúria, mas

as plantas se recuperam (o efeito é unicamente de contato, as folhas novas que saem após a aplicação não são afetadas) (FERREIRA et al., 2005; OLIVEIRA JR., 2011).

2.4.5 Herbicidas mimetizadores de auxina

Este grupo de herbicidas também é conhecido como reguladores de crescimento, auxinas sintéticas ou herbicidas hormonais, em função da similaridade estrutural com a auxina natural das plantas. Este grupo possui grande importância histórica, uma vez que o 2,4-D, criado a mais de 70 anos, foi o primeiro composto orgânico sintetizado pela indústria utilizado como herbicida seletivo. Além disto, foi o primeiro herbicida a ser usado em doses baixas ($\leq 1 \text{ kg ha}^{-1}$). Historicamente, o 2,4-D teve sua importância porque ajudou a dar o estímulo ao desenvolvimento inicial da indústria química na agricultura (CATANEO; CARVALHO, 2008; OLIVEIRA JR., 2011).

A ação inicial (mecanismo de ação) destes compostos envolve o metabolismo de ácidos nucleicos e a plasticidade da parede celular. É considerado que estes herbicidas possam causar a acidificação da parede celular através do estímulo da atividade da bomba de prótons da ATPase, ligada à membrana celular. A redução no pH apoplástico induz à alongação celular pelo aumento da atividade de certas enzimas responsáveis pelo afrouxamento celular. Baixas concentrações destes herbicidas também estimulam a RNA polimerase, resultando em aumentos subsequentes de RNA, DNA e biossíntese de proteínas. Aumentos anormais nestes processos levam à síntese de auxinas e giberilinas, as quais promoverão divisão e alongamento celular acelerado e desordenado nas partes novas da planta, ativando seu metabolismo e levando ao seu esgotamento. Por outro lado, em concentrações mais altas, estes herbicidas inibem a divisão celular e o crescimento, geralmente nas regiões meristemáticas, as quais acumulam tanto assimilados provenientes da fotossíntese quanto o herbicida transportado pelo floema. Estes herbicidas estimulam a liberação de etileno que, em alguns casos, pode produzir sintomas característicos de epinastia associados à exposição a estes herbicidas (OLIVEIRA JR., 2011; SENSEMAN, 2007).

Os primeiros efeitos destes herbicidas nas plantas dicotiledôneas sensíveis são caracterizados por anormalidades no crescimento, tais como, epinastia das folhas e pecíolos, e inibição do crescimento com intensificação da pigmentação verde foliar

dentro de 24 h, além da interrupção do floema, impedindo o movimento dos fotoassimilados das folhas para o sistema radicular (FERREIRA et al., 2005; CATANEO; CARVALHO, 2008). Estes fenômenos são seguidos por danos nos cloroplastos, causando clorose e destruição da integridade das membranas e do sistema vascular, culminando em dessecação e necrose dos tecidos (CATANEO; CARVALHO, 2008; COBB, 1992; GROSSMANN et al., 1996).

À medida que as funções metabólicas são afetadas, o metabolismo geral e as funções celulares normais são interrompidas, causando o aparecimento dos sintomas tais como: deformações nas nervações e no limbo foliar; paralisação do crescimento e engrossamento de raízes, principalmente na região das gemas, podendo também induzir ao aparecimento de raízes adventícias; tumores ao longo do caule da planta (principalmente nos nós), os quais estão ligados à obstrução do fluxo do floema. A morte de plantas susceptíveis ocorre de forma lenta, geralmente entre 3 e 5 semanas após a aplicação (OLIVEIRA JR., 2011).

A seletividade a estes herbicidas pode ser dependente de diversos fatores, como: arranjo do tecido vascular em feixes dispersos, sendo estes protegidos pelo esclerênquima em gramíneas; metabolismo do 2,4-D e seus derivados, a aril-hidroxilação resulta na perda da capacidade auxínica, além de facilitar a sua conjugação com aminoácidos e outros constituintes em plantas tolerantes; algumas espécies de plantas podem ainda excretar esses herbicidas para o solo através de seu sistema radicular (exsudação radicular) (OLIVEIRA JR., 2011).

3 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E. et al. **Boletim 200: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. Ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 452 p.
- ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- AMABILE, R. F. et al. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 867-874, 2000.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando à melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.
- BRAZ, G. B. P. et al. Selection of herbicides targeting the use in crop systems cultivated with showy crotalaria. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 521-534, 2015.
- CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. 346 p.
- CANALLI, L. B. S. **Decomposição de resíduos culturais e sua contribuição nos macroagregados e na fração lábil da matéria orgânica do solo no sistema plantio direto**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455- 462, 2008.
- CARVALHO, F. T. et al. Manejo químico das plantas daninhas *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* em sistema de plantio direto da cultura de soja. **Planta daninha**, v. 21, n. 1, p. 145-150, 2003.
- CARVALHO, L. B. **Hercicidas**. 1. ed. Lages, SC, 2013. 62 p.
- CARVALHO, J. C.; OVEJERO, R. F. L; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Disponível em: <<http://www.hrac-br.com.br/arquivos/HRAC-BRMecanismosdea%E7%E3o.doc>>. Acesso em: 10 out. 2015.
- CATANEO, A. C.; CARVALHO, J. C. Resistência de plantas a herbicidas mimetizadores das auxinas (Grupo 0). In: CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de**

resistência de plantas daninhas a herbicidas. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas, 2008. 120 p.

CECCON, G. Produção de palha para o sistema plantio direto. In: SINPÓSIO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 2011, Jataí, GO. **Anais...** Jataí: [s.n.], 2011.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de cultura. In: **Agricultura alternativa.** Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, 1-88p. 2001.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: I SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1997, Dourados, MS. **Anais...** Dourados: EMBRAPA, 1997, p. 75-94.

COBB, A. Auxin-type herbicides. In: **Herbicides and Plant Physiology.** Capman & Hall, 1992. p. 82-106.

DEBIASI, H. et al. Manejo do solo para controle cultural do nematoide das lesões radiculares na entressafra da soja. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2012, Uberlândia, MG. **Resumos Expandidos...**Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 1-.4

DOURADO, M. C. et al. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, 2001.

ERASMO, E. A. L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.

FERREIRA, F. A. et al. Mecanismos de ação de herbicidas. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. Viçosa, 2005. **Resumos Expandidos...** Viçosa: UFV, 2005, p.3-4.

FIDELIS, R. R. et al. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, p.23-31, 2003.

FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009.

FUERST, E. P., NORMAN, M. A. Interactions of herbicides with photosynthetic electron transport. **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 458-464, 1991.

GALVÃO, A. G. **Coberturas de solo e desempenho de híbridos de tomateiro na implantação do sistema de plantio direto.** 55 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Pós Graduação em Agronomia – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2011.

GROSSMANN, K. et al. Induction of abscisic acid is a common effect of auxin herbicides in susceptible plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 149, p. 475-478, 1996.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, p. 160-170, 2000.

JACOBS, J. M. et al. Effect of diphenyl ether herbicides on oxidation of protoporphyrinogen to protoporphyrin in organella and plasma membrane enriched fractions of barley. **Plant Physiology**, v. 97, n. 1, p. 197–203, 1991.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2003. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAAahUKEwipy2X_obJAhXJPT4KHYAICc4&url=http%3A%2F%2Fwww.hrac-br.com.br%2Farquivos%2FHRAC-BRMecanismosdea%25E7%25E3o.doc&usg=AFQjCNFUcChzMhS3WNEYmDsOvTdbv6rcKg&sig2=dsAjQ3wdl6mB3o6iayFZjg>. Acesso em: 28 out. 2015.

KRUSE, N. D. et al. Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenoides. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 569-575, 2001.

LEE, H. J.; DUKE, M. V.; DUKE, S. O. Cellular localization of protoporphyrinogen-oxidizing activities of etiolated barley (*Hordeum vulgare*) leaves (Relationship to Mechanism of Action of Protoporphyrinogen Oxidase-Inhibiting Herbicides). **Plant Physiology**, v. 102, n. 3, p. 881–889, 1993

LEHNEN, L. P. et al. O. Tissue and cellular localization of acifluorfen-induced porphyrins in cucumber cotyledons. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 37, n. 3, p. 239–248, 1990.

LEITE, L. F. C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2010.

LINDINO, C. A. et al. Fitorremediação de solos utilizando *Crotalaria spectabilis* para remoção de cádmio e chumbo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 4, 2012.

MADALÃO, J. C. et al. Uso de leguminosas na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, 2012.

MARTINS, C. A. C. **Manejo da Cobertura do Solo e Adubação com P e S na Cultura da Mandioquinha-salsa**. 105 f. 2009. Tese (Doutorado em Ciências em Agronomia)- Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

MIYASAKA, S. Histórico do estudo de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. **Adubação Verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.64-123.

MONDIN, M. **Estudo da evolução cariotípica do gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae – Papilionoideae) com emprego de técnicas de bandamento cromossômico e hibridação in situ fluorescente (FISH)**. 2003, 115 f. Tese

(Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MORAIS, A. C. M. **Utilização de materiais orgânicos como estratégia para o manejo da casca preta do inhame**. 2014. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Lago, AL, 2014.

MORALES, A. G. **Evolução cromossômica de espécies de *Crotalaria* (L.) da seção *Hedriocarpae*, subseção *Macrostachyae* (Leguminosae-Papilionoideae)**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

NOGUEIRA, C. H. P. et al. Seletividade dos herbicidas bentazon e nicosulfuron para *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE, 3., 2015, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo, SP: UNESP, 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Introdução ao controle químico. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 125-140.

OLIVEIRA, F. H. T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 394-371.

PENTEADO, S.R. **Adubação verde e produção de biomassa: Melhoria e recuperação dos solos**. Campinas: Livros Via Orgânica, 2007. 174p.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 791-796, 2003.

PITOL, C. et al. **Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no Bioma Cerrado**. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. Cerrado: Adubação Verde. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 301-330.

POLHILL, R. M. ***Crotalaria* in Africa and Madagascar**. Rotterdam: Royal Botanic Gardens, Kew, 1982. 389p.

PORTUGAL, L. V. **Fitotoxicidade de herbicidas pós-emergentes em híbridos de milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Sistemas de Produção na Agropecuária, Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, MG, 2013.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 317–347, 2010.

RIZZARDI, M. A. et al. Aspectos Gerais do Manejo e Controle de Plantas Daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed) **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 105-144.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide handbook**. 9 ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 201-204, 2001.

SILVA, S. M. S. et al. **Composição química de 45 Genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. (Comunicado Técnico, 149).

SILVA, P. C. G. et al. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 1504-1512, 2009.

SILVA, A. R. et al. Controle químico de plantas daninhas monocotiledôneas na cultura do gergelim. **Scientia Plena**, v. 8, n. 1, 2012.

SILVA, K. S. et al. Eficiência de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 197-205, 2014.

SOFIATTI, V. et al. Seletividade de herbicidas pós-emergentes à cultura da mamoneira. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2008, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: EMBRAPA, 2008, p. 1-6.

TORRES, J. L. R. et al. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 43, p. 421-428, 2008.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre, 2001, p. 25 – 36.

VASCONCELOS, M. C. C. et al. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152 p.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismo de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre, Palotti, 1997. 165 p.

VITORINO, H. S. Eficiência de herbicidas inibidores da ALS e PROTOX sob condições de déficit hídrico no comportamento bioquímico de plantas daninhas. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2011.

YUN, M. S. et al. Cytochrome P-450 monooxygenase activity in herbicide-resistant and – susceptible late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 83, n. 2-3, p. 107-114, 2005.

WATANABE, N. et al. Dual targeting of spinach protoporphyrinogen oxidase II to mitochondria and chloroplasts by alternative use of in-frame initiation codons. **Journal of Biological Chemistry**, v. 276, n. 23, p. 20447-20481, 2001.

WILDNER, L. P. Utilização de espécies de verão para adubação verde, cobertura e recuperação do solo em Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 1992, Campo Mourão, PR. **Anais...** Campo Mourão: AEACM, 1992. p.144-160.

1 **CAPÍTULO 1 - EFEITO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM *Crotalaria***
2 ***spectabilis*.**

3
4 RESUMO – A *Crotalaria spectabilis* é muito utilizada no sistema de plantio direto, sendo
5 opção para rotação de culturas e adubação verde. No entanto, como outras culturas, encontra
6 dificuldades no manejo de plantas daninhas, tendo um complicador, a não existência de
7 registros de herbicidas para esta cultura. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de herbicidas
8 aplicados em pós-emergência das plantas de *Crotalaria spectabilis*, visando seletividade para
9 esta cultura. O experimento foi conduzido em cultivo de segunda safra, ano agrícola 2014/2015.
10 O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas no
11 tempo com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 11, designado por: cinco épocas de
12 avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 Dias após aplicação) e 10 herbicidas aplicados (Piritiobaque-sódico
13 dose 22,4 g i.a. ha⁻¹, Piritiobaque-sódico dose 42 g i.a. ha⁻¹, Mesotriona dose 72 g i.a. ha⁻¹,
14 Etoxissulfurom dose 12 g i.a. ha⁻¹, Etoxissulfurom dose 24 g i.a. ha⁻¹, Bentazona dose 600 g i.a.
15 ha⁻¹, 2,4-D dose 564 g i.a. ha⁻¹, Atrazina dose 1.250 g i.a. ha⁻¹, Flumicloraque pentílico dose 30
16 g i.a. ha⁻¹ e Imazetapir dose 30 g i.a. ha⁻¹), além da testemunha sem aplicação. Foram avaliados
17 a fitotoxidade de plantas, altura de plantas, estande de plantas, número de folhas por planta,
18 plantas em florescimento e massa seca da parte aérea. As análises indicaram que Bentazona,
19 Flumicloraque pentílico, Imazetapir, e Piritiobaque-sódico foram menos tóxicos à *C.*
20 *spectabilis*, com menor interferência em altura e população de plantas, assim como na produção
21 de folhas, fitomassa e florescimento. Ao passo que Atrazina, Mesotriona e 2,4-D apontaram
22 maior fitotoxidez, repercutindo em menores produções, e até a morte das plantas.

23
24 Palavras-chave: *Crotalaria spectabilis*, seletividade, controle químico, plantas daninhas.

25 .

26
27
28
29
30
31
32

33 **CHAPTER 1 – EFFECT OF HERBICIDES POST EMERGENCE IN *Crotalaria***
 34 ***spectabilis*.**

35

36 *ABSTRACT - The *Crotalaria spectabilis* is widely used in no-till system, with option to crop*
 37 *rotation and green manure. However as other cultures, it is difficulty in weed management, and*
 38 *a complicating factor, the absence of herbicides records for this culture. This study evaluated*
 39 *the effect of herbicides applied post-emergence of the plants of *Crotalaria spectabilis*, aiming*
 40 *selectivity for this culture. The experiment was conducted in second-crop farming, agricultural*
 41 *year 2014/2015. The experimental design was a randomized block in split plot with four*
 42 *replications, in a factorial 5 x 11, called: five evaluation times (7, 14, 21, 28 and 35 days after*
 43 *application) and 10 applied herbicides (Pyriithiobac-sodium dose 22.4 g a.i. ha⁻¹, Pyriithiobac-*
 44 *sodium dose 42 g a.i. ha⁻¹, Mesotrione dose 72 g a.i. ha⁻¹, Etoxissulfurom dose 12 g a.i. ha⁻¹,*
 45 *Etoxissulfurom dose 24 g a.i. ha⁻¹, Bentazone dose 600 g a.i. ha⁻¹, 2,4-D dose 564 g a.i. ha⁻¹,*
 46 *Atrazine dose 1.250 g a.i. ha⁻¹, Flumiclorac-pentyl dose 30 g a.i. ha⁻¹ and Imazethapyr dose 30*
 47 *g i.a ha⁻¹), plus the control without application. They evaluated the phytotoxicity of plants, plant*
 48 *height, plant stand, number of leaves per plant, plants in flowering and dry mass of shoots. The*
 49 *analysis indicated that Bentazone, Pentyl flumiclorac, Imazethapyr and Pyriithiobac-Sodium*
 50 *were less toxic to *C. spectabilis*, with less interference in height and plant population, as well*
 51 *as in the production of leaves, biomass and flowering. While Atrazine, Mesotrione and 2,4-D*
 52 *showed higher toxicity symptoms, reflecting in smaller productions, and even death of plants.*

53

54 *Keywords: *Crotalaria spectabilis*, selectivity, chemical control, weeds.*

55

56

57

58 **INTRODUÇÃO**

59

60 É grande a utilização de culturas de cobertura para formação de palhada por agricultores,
 61 necessitando, portanto, de espécies que promovam boa cobertura vegetal, proteção ao solo e
 62 contribua positivamente para fertilidade, proporcionando bons resultados para as culturas
 63 posteriores (Carneiro et al., 2008).

64

65 Dentre as espécies indicadas como plantas de coberturas, a *Crotalaria spectabilis* é
 66 muito utilizada, sendo semeada na entressafra logo após colheita da cultura principal, por
 apresentar ciclo curto. Ademais, dispõe da característica de adubo verde, apresentando a
 capacidade de acumular N atmosférico pela fixação biológica por bactérias e a mobilização e

67 reciclagem de nutrientes, além de contribuir no manejo de fitonematoides, favorecendo as
68 culturas subsequente (Silva et al., 2009; Inoue et al., 2012). O agricultor não possui o hábito de
69 cultivar crotalária com finalidade de lucratividade direta, mas dispõe da possibilidade de
70 produzir sementes e comercializa-las, desta forma gerando renda extra, haja vista que a
71 demanda tem aumentado, exemplo é o setor canavieiro que tem utilização visando o cultivo em
72 áreas de renovação de canaviais (Kappes et al., 2011), e até mesmo atender outros produtores
73 que irão realizar rotação de cultura.

74 Como em qualquer cultura cultivada, a *Crotalaria spectabilis* apresenta interferência
75 imposta por plantas daninhas, constituindo um dos fatores que mais influenciam negativamente
76 no crescimento, desenvolvimento e na produtividade. As perdas ocasionadas se dão pela
77 competição de fatores de crescimento disponíveis no ambiente, como CO₂, água, luz e
78 nutrientes, e também pela liberação de substâncias alelopáticas provocando efeitos maléficos à
79 cultura, e de forma indireta, pelo fato das plantas daninhas serem hospedeiras intermediárias de
80 pragas e doenças, além de dificultarem a realização de tratos culturais e colheita (Agostinetto
81 et al., 2008).

82 Os diferentes nichos ocupados por plantas daninhas e culturas geralmente não são
83 grandes o bastante para permitir a máxima produtividade da cultura sem que ocorra alguma
84 intervenção humana para o controle das plantas daninhas (Agostinetto et al., 2008), sendo que
85 dentre os métodos de controle disponíveis, o controle químico é um dos mais utilizados, por ser
86 viável e proporcionar bom rendimento operacional em extensas áreas (Silva et al., 2014). A
87 utilização de herbicidas já na cultura antecessora, controlando as plantas daninhas, proporciona
88 também a redução de bancos de sementes de plantas daninhas nas áreas cultivadas, isso porque
89 impedirá a produção e dispersão de novas sementes infestantes na área. Além de contribuir para
90 uma boa produtividade de fitomassa e sementes da cultura.

91 Entretanto, para o controle químico de plantas daninhas na cultura de *Crotalaria*
92 *spectabilis*, encontra-se dificuldades na definição e recomendação de herbicidas a serem
93 utilizados, uma vez que no Brasil, nenhum herbicida possui registro no Ministério da
94 Agricultura Pecuária e Abastecimento para o uso seletivo em áreas com cultivo de crotalária
95 (Aguiar et al., 2014). A utilização de herbicidas não seletivos pode influenciar o
96 desenvolvimento, crescimento e produção das plantas, provocando fitointoxicação (injúrias),
97 dificuldades em estabelecimento da área por redução de estande, ter interferência na altura, na
98 produção de folhas e conseqüentemente redução em fitomassa e até mesmo nas inflorescências.
99 Resultando na redução da produção esperada ou até mesmo nenhuma produção, por conta de
100 morte das plantas.

101 Os trabalhos dessa natureza realizados no Brasil são escassos. Há necessidade de mais
102 estudos a respeito de seletividade e fitointoxicação de herbicidas à cultura de *C. spectabilis*, por
103 assim contribuir com opções de moléculas de herbicidas para uso seguro nessa cultura. Alguns
104 herbicidas pós-emergentes são recomendados para outras culturas da mesma família botânica
105 da crotalária e de outras plantas de cobertura, como a soja, feijão e sorgo (Agrofit, 2015), e em
106 razão disso, espera-se que esses herbicidas apresentem seletividade à *C. spectabilis*,
107 viabilizando posteriormente uma possível recomendação. Este trabalho objetivou avaliar o
108 efeito de herbicidas aplicados em pós-emergência das plantas de *Crotalaria spectabilis*, visando
109 seletividade para esta cultura.

110

111

MATERIAL E MÉTODOS

112

113 O experimento foi conduzido no ano agrícola 2014/15, em segunda safra no município
114 de Chapadão do Sul – MS, o solo é descrito como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa,
115 2006).

116 A área foi ocupada anteriormente com soja em cultivo de verão, seguido pela *Crotalaria*
117 *spectabilis* que foi semeada em 13/04/2015 (segunda safra) com o espaçamento entre linhas de
118 0,22 m, utilizando 18 kg de sementes por ha, com profundidade de semeadura de 3 cm. O
119 delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas no
120 tempo, em esquema fatorial 5 x 11, designado por: cinco épocas de avaliação (7, 14, 21, 28 e
121 35 dias após aplicação [DAA]) e 10 herbicidas aplicados, além da testemunha sem aplicação
122 (Tabela 1), com quatro repetições.

123 Cada parcela experimental tinha a dimensão de 7 m de comprimento por 3 m de largura,
124 totalizando uma área de 21 m², constituída por 13 linhas de plantas de crotalária. A aplicação
125 dos herbicidas foi realizada em pós-emergência da cultura 30 dias após a semeadura (DAS),
126 quando as plantas de crotalária apresentavam estágio 1 da escala BBCH (Desenvolvimento de
127 folhas) (Bleholder et al., 1991), tendo as plantas de *C. spectabilis* entre três e quatro folhas
128 totalmente desenvolvidas e altura média de 9 cm. Para a aplicação foi utilizado um pulverizador
129 costal de pressão constante, pressurizado a CO₂, pressão de 2 Kgf cm⁻² equipado com uma barra
130 de 3,0 m, com seis pontas pulverizadoras jato leque tipo XR 11002, espaçadas de 50 cm, e
131 conduzida a uma altura de 50 cm do alvo. O Volume de calda empregado foi de 150 L ha⁻¹,
132 com horário de aplicação das 17:00 às 18:00 horas, com temperatura a 25 °C, umidade relativa
133 de 60% e ventos de 4 km h⁻¹.

134 Após aplicação dos herbicidas as plantas foram avaliadas pelos parâmetros descritos a
135 seguir:

136 Fitotoxicidade de plantas: determinada por uma escala percentual de notas visuais
137 variando de 0 a 100%, sendo 0% nenhuma injúria e 100% morte total das plantas, adaptado da
138 Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), avaliada aos 7, 14, 21,
139 28 e 35 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) as plantas de *C. spectabilis*.

140 Altura de plantas: foi mensurada em cinco plantas aleatoriamente por parcela,
141 compreendida entre a superfície do solo e a última estrutura emitida das plantas em cm, sendo
142 realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA.

143 Estande final de plantas: realizada pela contagem do número de plantas de crotalária
144 em 2 linhas de 2 m, totalizando 4 m dentre as linhas centrais de cada parcela aos 35 DAA.

145 Número de folhas por planta: realizada a contagem de folhas completamente
146 desenvolvidas em cada planta, em cinco plantas avaliadas aos 35 DAA.

147 Plantas em florescimento: realizada pela contagem do número de plantas de crotalária
148 em florescimento, considerando a exibição de pelo menos uma flor aberta, dentro de 50 plantas
149 avaliadas aos 35 DAA.

150 Massa seca da parte aérea: foi realizada a coleta de amostra pelo método do quadrado
151 aos 35 DAA, que consistiu em arremessar um quadro de 0,5m x 0,5m em cada parcela, colhendo
152 as plantas de crotalária rente ao solo dentro do quadrado. Após a coleta, as amostras foram
153 submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C, até obter
154 massa constante, com posterior pesagem.

155 Os dados de estande final de planta, número de folhas por planta, plantas em
156 florescimentos e massa seca da parte aérea foram submetidos à análise de variância, sendo as
157 médias, quando significativo pelo teste F, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de
158 probabilidade ($p < 0,05$). Os dados de fitotoxicidade e altura de plantas coletados ao longo do
159 tempo de condução do experimento, foram submetidos à análise de variância, realizado o
160 desdobramento, sendo o fator qualitativo, herbicidas, comparado pelo teste de Tukey $p < 0,05$ e
161 o fator quantitativo, tempo, pela análise de regressão, sendo as equações ajustadas a $p < 0,05$.

162

163

RESULTADOS E DISCUSSÃO

164

165 A análise de variância revelou interação significativa entre os fatores tempo (7, 14, 21,
166 28 e 35 DAA) e herbicidas avaliados sobre as variáveis fitotoxicidade e altura de plantas ao longo
167 do ciclo, obtendo ajustes para regressão e diferenças significativas para teste de Tukey sobre a

168 cultura de *C. spectabilis* (Figura 1; Figura 2; Tabela 2; Tabela3). Houve também efeito
169 significativo para herbicidas no teste F ($p < 0,05$), para as variáveis massa seca da parte aérea,
170 estande final de plantas, número de folhas por planta e plantas em florescimento (Tabela 4).

171 Apesar da fitotoxicidade provocada com a aplicação de Piritiobaque-sódico, Bentazona,
172 Flumicloraque pentílico e Imazetapir (Figura 1 (a) (b)), estes foram inferiores aos demais
173 herbicidas. Onde apresentaram fitotoxicidades iniciais inferiores a 30%, com sintomas de clorose
174 no limbo foliar, entretanto não foram afetadas as gemas apicais das plantas, desaparecendo os
175 sintomas ao longo das avaliações. Chegando na última avaliação com fitotoxicidades inferiores
176 a 10%, demonstrando leve fitotoxicidade e a recuperação da crotalária.

177 Etoxissulfurom nas duas doses 12 g i.a. ha⁻¹ e 24 g i.a. ha⁻¹ (Figura 1 (a); Tabela 2),
178 promoveu fitotoxicidade às plantas de crotalária, mas houve redução ao longo do tempo, onde a
179 menor dose promoveu valores inferiores, indicando maior fitointoxicação com aumento na dose
180 de Etoxissulfurom. Da mesma forma ocorreu com Piritiobaque-sódico em sua dose maior,
181 promovendo fitotoxicidade mais intensa nas plantas que a menor dose.

182 Braz et al. (2015) estudando o potencial de seletividade de herbicidas em *C. spectabilis*
183 e Mosjidis e Wehtje (2011) estudando controle de plantas daninhas em *C. juncea*, constaram
184 também baixos níveis de lesões, inferiores a 10% utilizando o herbicida Imazetapir,
185 considerando-o um herbicida seletivo e eficaz para muitas culturas leguminosas incluindo
186 leguminosas forrageiras. O herbicida Imazetapir juntamente com Piritiobaque-sódico e
187 Etoxissulfuron são classificados como sistêmicos pelo mecanismo de agir como inibidores da
188 enzima acetolactato sintase (ALS), esta enzima é responsável por catalisar a síntese de três
189 aminoácidos essenciais: valina, leucina e isoleucina, ao qual a inibição interrompe a síntese
190 proteica que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular, levando plantas
191 sensíveis a morte; as plantas tolerantes, possui uma seletividade natural que degrada
192 rapidamente estes herbicidas, tornando insensível a ação destes, provavelmente como ocorrido
193 com a *C. spectabilis* (Vidal, 1997; Corrêa e Alves, 2010).

194 Imazetapir na dose de 30 g i.a. ha⁻¹ não afetou o ganho em altura das plantas de *C.*
195 *spectabilis* durante as avaliações (Figura 2 (a), Tabela 3), indicando recuperação das plantas
196 durante o desenvolvimento das mesmas. Etoxissulfurom nas duas doses de 12 g i.a. ha⁻¹ e 24 g
197 i.a. ha⁻¹ também provocou baixa interferência em altura nas plantas durante o período
198 experimental, no entanto a maior dose (24 g i.a. ha⁻¹) ocasionou menor porte às plantas em
199 relação a menor dose, indicando também que com aumento da dose de Etoxissulfuron menor
200 será o porte da planta.

201 As plantas submetidas a aplicação de Piritiobaque-sódico na dose de 22,4 g i.a. ha⁻¹ e
202 Piritiobaque-sódico na dose de 42 g i.a. ha⁻¹ apresentaram redução na altura até os 11 e 12 DAA
203 respectivamente (Figura 2 (a), Tabela 3), com posterior aumento no crescimento. Entretanto
204 Piritiobaque-sódico na maior dose interferiu na altura, levando ao menor porte das plantas
205 comparado com a menor dose durante o período avaliado, indicando menor altura quando se
206 aumenta a dose.

207 Os resultados de fitotoxicidade e altura de plantas, não se ajustaram aos modelos
208 matemáticos na regressão para Atrazina na dose de 1.250 g i.a. ha⁻¹, pelo fato da ocorrência
209 inicial de clorose foliar com posterior necrose e morte das plantas aos 14 DAA. A morte das
210 plantas de *C. spectabilis* ocasionada por Atrazina provavelmente ocorreu pela ação do herbicida
211 não sistêmico, atuando na inibição do fotossistema II, causando uma série de danos irreversíveis
212 às células vegetais, levando as plantas à morte, principalmente plantas dicotiledôneas incluindo
213 a crotalária (Menezes et al., 2012).

214 Na Figura 1 (b), observa-se que Mesotriona na dose de 72 g i.a. ha⁻¹ promoveu aumento
215 de fitotoxicidade às plantas de crotalária no decorrer do ciclo, onde aos 7 DAA apresentaram
216 sintomas de branqueamento das folhas e posterior necrose e morte dos tecidos vegetais,
217 chegando à 80% de fitotoxicidade em seu ponto máximo aos 33 DAA, mantendo-se até o final
218 das avaliações. Verificou-se que o tratamento 2,4-D na dose de 564 g i.a. ha⁻¹ (Figura 1 (b),
219 Tabela2) também promoveu aumento de fitotoxicidade no decorrer do ciclo da crotalária, mas
220 com menor efeito em relação a Mesotriona, na qual aos 7 DAA as plantas tratadas obtiveram
221 sintomas de murchamento e encarquilhamento das folhas terminais, chegando aos 35 DAA com
222 67%, ambos os tratamentos mostraram maiores valores de fitotoxicidade ao final das avaliações.

223 A altura de plantas (Figura 2 (b), Tabela 3), com a aplicação de Mesotriona na dose de
224 72 g i.a. ha⁻¹ mostrou uma queda até os 16 DAA, correspondente a morte dos ponteiros das
225 plantas provocado pelo herbicida, depois obtendo crescimento. Ambos Mesotriona e 2,4-D
226 expressaram pequeno crescimento de plantas ao longo das avaliações. Estas repercussões tanto
227 para fitotoxicidade e altura de plantas para o uso de Mesotriona, deve-se a ação deste herbicida
228 às plantas de folhas largas, que inibe a biossíntese de carotenoide através da interferência na
229 atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos,
230 provocando despigmentação das folhas que é ocasionada pela fotodegradação da clorofila, com
231 posterior necrose e morte dos tecidos vegetais, impedindo o desenvolvimento das mesmas
232 (Mitchell et al., 2001; Mendes et al., 2015). O herbicida 2,4-D possivelmente ocasionou tais
233 efeitos devido ao seu mecanismo de ação em plantas dicotiledôneas, onde atua mimetizando a
234 auxina, provocando distúrbios diversos (crescimento anormal de tecidos, obstrução do floema,

235 morte do sistema radicular e epinastia das folhas, etc), podendo levar as plantas sensíveis à
236 morte (Rodrigues e Almeida, 1998; Shaw e Arnold, 2002).

237 A crotalária com aplicação de Flumicloraque pentílico apresentou leve redução na altura
238 de plantas até os 13 DAA (Figura 2 (b), Tabela 3), com posterior aumento de altura,
239 demonstrando recuperação. Na Figura 2 observa-se que Bentazona promoveu aumento em altura
240 durante todo o período avaliado. As moléculas Bentazona e Flumicloraque pentílico,
241 classificadas como herbicidas de ação de contato, apresentaram baixa fitotoxicidade para
242 crotalária no presente trabalho, se assemelhando ao trabalho de Nogueira et al. (2015), que
243 também obtiveram resultados de baixa fitointoxicação com a utilização de Bentazona, na dose
244 de 720 g i.a. ha⁻¹, indicando a seletividade deste herbicida à crotalária.

245 Com relação a massa seca da parte aérea (Tabela 4), observou-se aos 35 DAA que
246 Flumicloraque pentílico não diferiu significativamente da Testemunha, proporcionando os
247 maiores valores de massa seca, em sequência de maior massa seca aparece Bentazona e
248 Imazetapir com 13% e 22% menor em relação a massa seca da testemunha, diferindo dos
249 demais herbicidas. Atrazina não apresentou massa seca da parte aérea, por ocasião da morte das
250 plantas aos 14 DAA. Apresentando o menor valor está Mesotriona com apenas 7% da massa
251 seca da parte área produzida pelas plantas da testemunha, em sequência 2,4-D com 40% da
252 testemunha. Todavia estes resultados de massa seca encontrados para os herbicidas, está ligado
253 a efeitos resultantes de fitotoxicidade e altura das plantas promovidas pela aplicação dos
254 herbicidas, observa-se que onde ocorreu menor fitotoxicidade maior foi a altura e maior massa
255 seca de parte aérea, e assim o inverso, quanto maior fitotoxicidade menor a altura e menor a
256 massa seca, pois proporcionou menor desenvolvimento e porte da planta, reduzindo a fitomassa
257 das plantas de *C. spectabilis*. Consequentemente resultará em menor oferta de palha sobre o
258 solo, menor cobertura da superfície e menor a ciclagem de nutrientes, desfavorecendo todo o
259 sistema.

260 Para a avaliação de estande de plantas aos 35 DAA (Tabela 4), verificou-se que a
261 testemunha obteve maior número (36,2 plantas m⁻¹) não se diferenciando de Piritiobaque-
262 sódico dose de 42 g i.a. ha⁻¹ e Flumicloraque pentílico, ao qual estes não se diferiram de
263 Piritiobaque-sódico dose de 22,4 g i.a. ha⁻¹, Etoxissulfurom na dose de 24 g i.a. ha⁻¹ e
264 Bentazona, apresentando estande entre 32 e 33 plantas m⁻¹. Apresentando menor estande
265 (Tabela 4), verifica-se Mesotriona com 60% a menos em relação a testemunha. Em sequência
266 2,4-D portando 24,5 plantas m⁻¹, com 32% menor. Contudo estes resultados demonstram que
267 as plantas de *C. spectabilis* foram afetadas pelos herbicidas, resultando na redução da população

268 de plantas esperada, pode levar a ocasionar perdas de fitomassa e podendo ainda favorecer
269 plantas daninhas, assim não obtendo resultados satisfatórios na produção (Vazquez et al., 2008).

270 A variável número de folhas por planta (Tabela 4) expõe que os herbicidas Piritiobaque-
271 sódico nas duas doses testadas e Bentazona, não se diferenciaram da testemunha, que obteve o
272 número de folhas mais elevado, indicando baixa interferência na perda de folhas de *C.*
273 *spectabilis*. Mesotriona e 2,4-D foram os herbicidas que provocaram menor número de folhas
274 por planta, 45% e 55% respectivamente da quantidade de folhas obtidas pelas plantas da
275 testemunha, consequentemente proporcionando menor índice de área foliar para crotalária. O
276 índice de área foliar (IAF) representa a capacidade das folhas de explorar o espaço disponível,
277 e está totalmente relacionado com a taxa fotossintética da planta, sendo que o ótimo IAF
278 favorecerá maior produtividade biológica, promovendo energia necessária para o crescimento
279 e desenvolvimento das plantas (Monteiro et al., 2005).

280 Com referência à variável plantas em florescimento (Tabela 4), pode-se observar que
281 todos os herbicidas diferiram da testemunha, onde aos 35 DAA apresentou a mais elevada
282 porcentagem de plantas em florescimento (próximo a 50%). Entre os herbicidas, Bentazona
283 proporcionou maior porcentagem de plantas de *C. spectabilis* em florescimento 33%, e em
284 sequência Flumicloraque pentílico com 21%. Já Atrazina com a morte das plantas não foi
285 contabilizada. Desta forma a menor porcentagem de plantas em florescimento foi exposta por
286 plantas que receberam aplicação de 2,4-D e Mesotriona, apresentando 0%, ou seja, nenhuma
287 planta em florescimento. Com tudo, o baixo índice de plantas em florescimento deve-se aos
288 efeitos dos herbicidas, que refletiram no desenvolvimento da cultura resultando no
289 prolongamento do ciclo.

290 Perante o exposto, conclui-se que as plantas de *C. spectabilis* responderam
291 diferentemente aos herbicidas testados, no entanto todos os produtos causaram fitotoxicidade à
292 cultura em proporções variáveis. Sendo que Bentazona, Flumicloraque pentílico, Imazetapir, e
293 Piritiobaque-sódico foram menos tóxicos à *C. spectabilis*, apresentando menor fitotoxicidade,
294 com menor interferência em altura e população de plantas, assim como na produção de folhas,
295 fitomassa e no florescimento. Ao passo que Atrazina, Mesotriona e 2,4-D apontaram maior
296 fitotoxidez, repercutindo em menores produções, e até a morte das plantas.

297

298

LITERATURA CITADA

299

300 AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do
301 trigo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.

- 302 AGUIAR, A. T. E. et al. **Boletim 200: Instruções agrícolas para as principais culturas**
303 **econômicas**. 7. Ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 452 p.
- 304
- 305 AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. 2015. Disponível em:
306 <<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit>>. Acesso em: 10 de agosto de 2015.
- 307
- 308 BARCELLOS, L. C. et al. Bicos de pulverização na aplicação de herbicidas pós-emergentes na
309 cultura da soja. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 35, n. 2, p. 85-91, 2005.
- 310
- 311 BLEIHOLDER, H. et al. Codificação unificada dos estádios fenológicos de culturas e ervas
312 daninhas. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 26, n. 9, p. 1423-1429, 1991.
- 313
- 314 BRAZ, G. B. P. et al. Selection of herbicides targeting the use in crop systems cultivated with
315 showy crotalaria. *Planta Daninha*, v. 33, n. 3, p. 521-534, 2015.
- 316
- 317 CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas
318 alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.
- 319
- 320 CARVALHO, M. A. C. et al. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e
321 convencional em solo de Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 39, n. 11, p. 1141-1148, 2004.
- 322
- 323 CORRÊA, M. J. P.; ALVES, P. L. C. A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência
324 fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Ciênc. agrotec.**, v.
325 34, n. 5, p. 1136-1145, 2010.
- 326
- 327 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema**
328 **brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- 329
- 330 FONTES, J. R. A. et al. Seletividade e eficácia de herbicidas para cultura do feijão-caupi. **Rev.**
331 **Bras. Herbic.**, v. 12, n. 1, p. 47-55, 2013.
- 332
- 333 GOMES JR., F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas
334 de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.
- 335

- 336 INOUE, M. H. et al. Eficácia de herbicidas aplicados em plantas adultas de *Crotalaria*
337 *spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. **Rev. Bras. Herbic.**, v. 11, n. 2, p. 148-58, 2012.
- 338
- 339 KAPPES, C. et al. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de
340 crotalária. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 41, n. 4, p. 508-518, 2011,
- 341
- 342 LINHARES, C. M. S. et al. Crescimento do feijão-caupi sob efeito dos herbicidas fomesafen e
343 bentazon+imazamox. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 41- 49, 2014.
- 344
- 345 MENDES, K. F. et al. Seleção de plantas indicadoras para o monitoramento do mesotrione e
346 metribuzin em solo argiloso. **Rev. Ciênc. Agro-Ambient.**, v. 13, n. 1, p. 53-59, 2015.
- 347
- 348 MENEZES, C. W. G. et al. Seletividade de atrazine e nicosulfuron a *Podisus nigrispinus*
349 (*Heteroptera: Pentatomidae*). **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p.327-334, 2012.
- 350
- 351 MITCHELL, G. et al. Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. **Pest Manag Sci**,
352 *Sussex*, v. 57, n. 2, p. 120-128, 2001.
- 353
- 354 MOSJIDIS, J. A.; WEHTJE, G. 2011. Weed control in sunn hemp and its ability to suppress
355 weed growth. **Crop Protection**, v. 30, p. 70-73, 2011.
- 356
- 357 MONTEIRO, J. E. B. A. et al. Estimção da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e
358 massa das folhas. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.
- 359
- 360 NOGUEIRA, C. H. P. et al. Seletividade dos herbicidas bentazon e nicosulfuron para
361 *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
362 FITOSSANIDADE, 3., 2015, Águas de Lindódia. **Anais...** São Paulo, SP: UNESP, 2015.
- 363
- 364 RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina: 1998. 648 p.
- 365
- 366 SHAW, D. R.; ARNOLD, J. C. Weed control from herbicide combinations with glyphosate.
367 **Weed Technol.**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2002.
- 368

369 SILVA, K. S. et al. Eficiência de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v.
370 32, n. 1, p. 197-205, 2014.

371

372 SILVA, P. C. G. et al. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies
373 de cobertura. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, 2009.

374

375 SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD.
376 **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.**
377 Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

378

379 VAZQUEZ, G. H.; et al. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade
380 fisiológica da semente de soja. **Rev. Bras. Sementes**, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.

381

382 VIDAL, R. A. **Herbicidas: Mecanismo de ação e resistência de plantas.** Porto Alegre, Ribas
383 Vidal, 1997, 165 p.

384

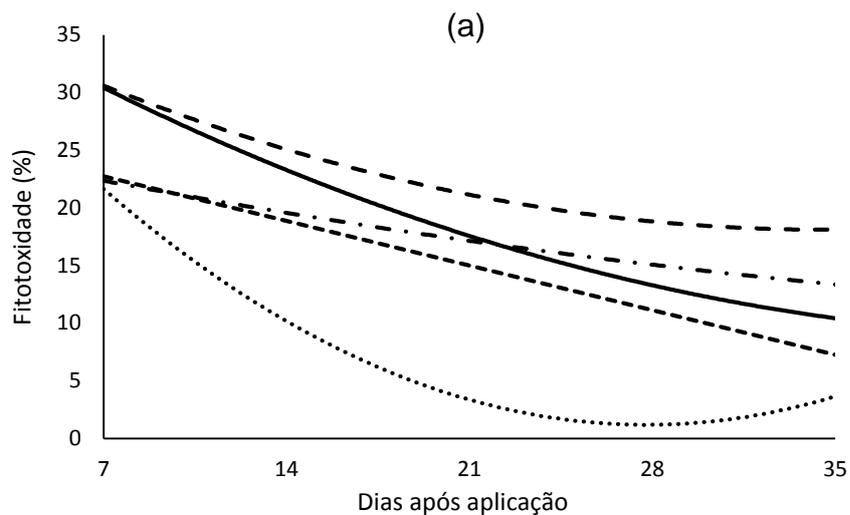
385 **Tabela 1.** Relação dos herbicidas com as respectivas doses aplicadas na cultura de *Crotalaria*
386 *spectabilis*. Chapadão do Sul, MS - 2015

Herbicida	Dose (g i.a ha ⁻¹)	Mecanismo de ação
Piritiobaque-sódico	22,4	Inibidores de ALS
Piritiobaque-sódico	42	
Imazetapir	30	
Etoxissulfurom	12	
Etoxissulfurom	24	
Bentazona	600	Inibidores do fotossistema II
Atrazina	564	Inibidor da PROTOX
Flumicloraque pentílico	30	
Mesotriona	72	Inibidor da síntese de carotenóides
2,4-D	1.250	Mimetizador de auxina
Testemunha	-	-

387 Em todos os herbicidas testados foi adicionado o adjuvante LI-700 na dose de 0,1% v v⁻¹ na aplicação.

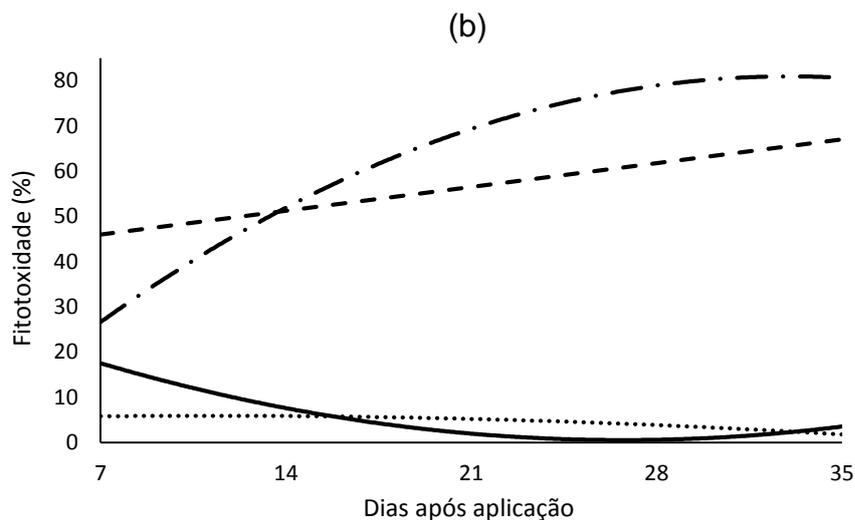
388

389



- · - Etoxissulfurom 12 g i.a. ($y = 0,0036x^2 - 0,4745x + 25,5 / R^2 = 51,1\%$)
 - - Etoxissulfurom 24 g i.a. ($y = 0,0164x^2 - 1,1352x + 37,75 / R^2 = 38,6\%$)
 ····· Imazetapir 30 g i.a. ($y = 0,0474x^2 - 2,6327x + 37,75 / R^2 = 96,1\%$)
 - - - Piritiobaque-sódico 22,4 g i.a. ($y = -0,5536x + 26,625 / R^2 = 71,7\%$)
 — Piritiobaque-sódico 42 g i.a. ($y = 0,0146x^2 - 1,3265x + 39 / R^2 = 77,3\%$)

390



- - - 2,4-D 564 g i.a. ($y = 0,75x + 40,75 / R^2 = 65,6\%$)
 — Flumicloraque pentílico 30 g i.a. ($y = 0,0437x^2 - 2,3367x + 31,75 / R^2 = 93,4\%$)
 - · - Mesotriona 72 g i.a. ($y = -0,0802x^2 + 5,2959x - 6,5 / R^2 = 99,7\%$)
 ····· Bentazona 600 g i.a. ($y = -0,0073x^2 + 0,1633x + 5 / R^2 = 82,0\%$)

391

392

393

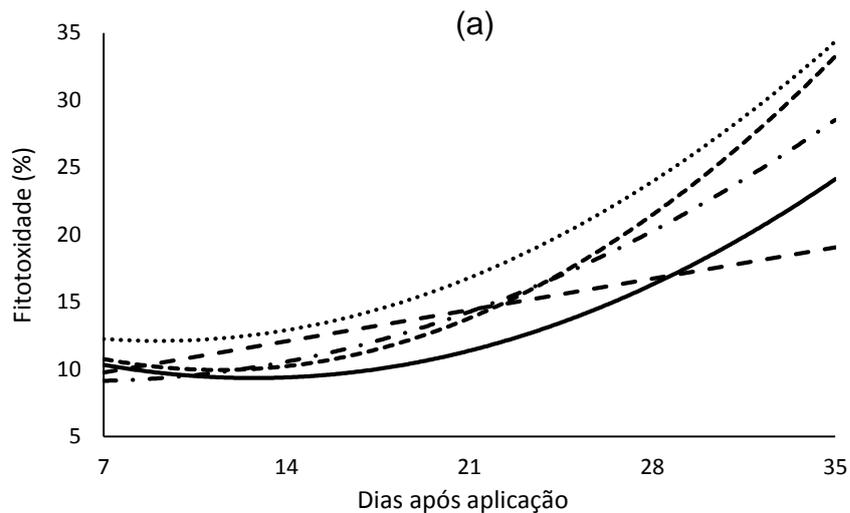
394

395

396

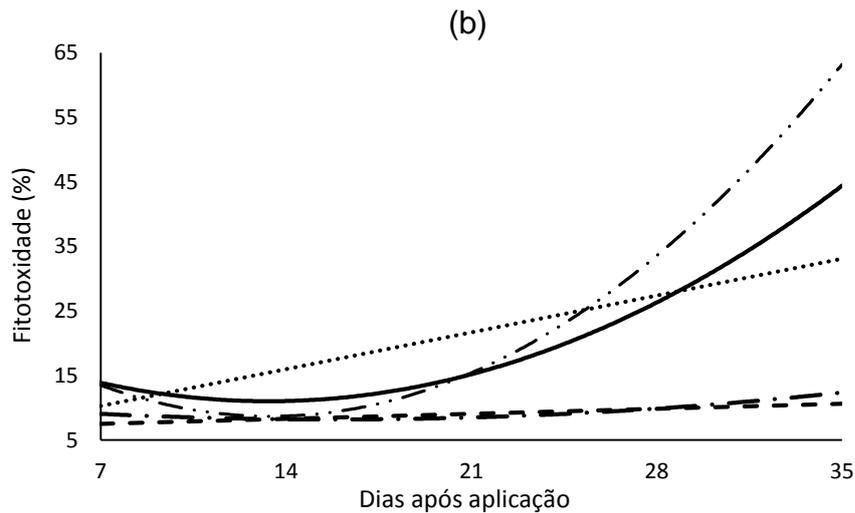
397

Figura 1 – Fitotoxidade (%) em plantas de *C. spectabilis* resultante das aplicações de herbicidas (a) (Inibidores de ALS) e (b) (Demais mecanismos de ação) ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS - 2015



- · - Etoxisulfurom 12 g i.a. ($y = 0,0233x^2 - 0,2867x + 10 / R^2 = 84,8\%$)
 - - Etoxisulfurom 24 g i.a. ($y = 0,3321x + 7,425 / R^2 = 70,8\%$)
 ····· Imazetapir 30 g i.a. ($y = 0,0332x^2 - 0,6036x + 14,85 / R^2 = 96,0\%$)
 - - - Piriitobaque-sódico 22,4 g i.a. ($y = 0,0419x^2 - 0,9566x + 15,4 / R^2 = 96,0\%$)
 — Piriitobaque-sódico 42 g i.a. ($y = 0,0299x^2 - 0,7622x + 14,2 / R^2 = 98,0\%$)

398



- · - 2,4-D 564 g i.a. ($y = 0,1107x + 6,725 / R^2 = 40,6\%$)
 — Flumicloraque pentílico 30 g i.a. ($y = 0,0711x^2 - 1,8954x + 23,65 / R^2 = 96,0\%$)
 - · - Mesotriona 72 g i.a. ($y = 0,0113x^2 - 0,3566x + 11 / R^2 = 72,4\%$)
 ····· Bentazona 600 g i.a. ($y = 0,8143x + 4,55 / R^2 = 93,2\%$)
 - · - Testemunha ($y = 0,117x^2 - 3,1397x + 29,745 / R^2 = 94,5\%$)

399

400

401

402

403

404

405

406

407

Figura 2 – Altura de plantas (cm) de *C. spectabilis* resultante das aplicações de herbicidas (a) (Inibidores de ALS) e (b) (Demais mecanismos de ação) ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS - 2015

408 **Tabela 2.** Fitotoxicidade (%) de plantas de *C. spectabilis* em cada época de avaliação (7, 14, 21,
409 28 e 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS - 2015

Herbicidas	Dose (g i.a.ha ⁻¹)	7 ¹ DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Piritiobaque-sódico	22,4	20 c	25 d	13 d	9 d	9 c
Piritiobaque-sódico	42	28 e	30 e	15 e	10 d	13 d
Imazetapir	30	23 d	9 c	3 b	4 bc	3 b
Etoxissulfurom	12	20 c	25 d	15 e	13 e	15 e
Etoxissulfurom	24	28 e	30 e	25 f	9 d	23 f
Bentazona	600	6 b	5 b	5 c	5 c	1 ab
Atrazina	1.250	60 g	98 h	100 i	100 h	100 i
Flumicloraque pentílico	30	19 c	5 b	3 b	3 b	3 b
Mesotriona	72	28 e	50 g	70 h	80 g	80 h
2,4-D	564	50 f	48 f	50 g	70 f	65 g
Testemunha	-	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
Coeficiente de Variação (%)		2,4				

410 Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

411 * Gramas do ingrediente ativo por hectare. ¹DAA=Dias após a aplicação.

412

413 **Tabela 3.** Altura de plantas (cm) de *C. spectabilis* em cada época de avaliação (7, 14, 21, 28 e

414 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS - 2015

Herbicidas	Dose (g i.a.ha ⁻¹)	7 ¹ DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Piritiobaque-sódico	22,4	9,5 c	12,8 d	13,8 b	19,0 d	34,5 c
Piritiobaque-sódico	42	9,8 c	10,8 e	10,8 cd	15,8 e	24,5 e
Imazetapir	30	11,8 ab	13,3 bcd	18,8 a	21,0 c	35,5 c
Etoxissulfurom	12	7,5 d	14,8 abc	11,5 c	19,8 cd	29,3 d
Etoxissulfurom	24	10,0 bc	13,0 cd	11,0 cd	19,8 cd	18,3 f
Bentazona	600	11,8 ab	16,5 a	19,0 a	25,0 ab	36,0 c
Atrazina	1.250	8,8 cd	6,8 g	0,0 f	0,0 h	0,0 i
Flumicloraque pentílico	30	12,0 a	15 ab	14,5 b	23,3 b	46,0 b
Mesotriona	72	8,8 cd	8,5 fg	9,5 d	8,3 g	13,0 g

2,4-D	564	7,5 d	9,0 ef	7,0 e	11,8 f	10,0 h
Testemunha	-	10,5 abc	14,1 bcd	17,3 a	25,7 a	66,8 a
Coeficiente de Variação (%)		4,8				

415 Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

416 * Gramas do ingrediente ativo por hectare. ¹DAA=Dias após a aplicação.

417

418 **Tabela 4.** Efeitos de herbicidas aplicados em *C. spectabilis*, sobre massa seca, estande de
419 plantas, número de folhas por planta e % de plantas em florescimento, aos 35 dias após
420 aplicação. Chapadão do Sul, MS - 2015

Tratamentos	Dose (g i.a ha ⁻¹)	¹ M. S.	² Est.	³ Nº Fol.	⁴ % Pl. Fl
Piritiobaque-sódico	22,4	1.023 d	8,1 bc	11,7 a	6 e
Piritiobaque-sódico	42	908 e	8,8 ab	11,0 ab	7 e
Imazetapir	30	1.103 c	7,3 de	10,2 bc	13 d
Etoxissulfurom	12	691 f	7,0 e	9,5 c	13 d
Etoxissulfurom	24	699 f	8,3 bc	10,0 bc	9 e
Bentazona	600	1.221 b	8,0 cd	11,2 ab	33 b
Atrazina	1.250	0 i	0 h	0,0 e	0 f
Flumicloraque pentílico	30	1.391 a	8,6 abc	9,5 c	21 c
Mesotriona	72	104 h	3,6 g	5,5 d	0 f
2,4-D	564	368 g	6,1 f	6,7 d	0 f
Testemunha	-	1.407 a	9,1 a	12,2 a	47 a
Coeficiente de Variação (%)		3,5	4,7	6,6	11,7

421 Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

422 *Gramas do ingrediente ativo por hectare. ¹ Massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹). ²Estande de plantas por metro. ³Número de

423 folhas por planta. ⁴ % de plantas em florescimento.

1 **CAPÍTULO 2 – EFEITO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM**
2 ***Crotalaria ochroleuca*.**

3
4 RESUMO – A crotalária é uma das espécies que tem sido muito utilizada nos sistemas
5 de produção agrícola, em função do seu potencial na fixação de nitrogênio, redução de
6 nematoides e boa cobertura do solo. Porém, em relação ao manejo de plantas daninhas,
7 há dificuldade no manejo ao longo do ciclo da cultura de crotalária, uma vez que não há
8 herbicidas registrados para esta cultura. Objetivou-se avaliar o efeito da utilização de
9 herbicidas pós-emergentes em plantas de *Crotalaria ochroleuca*, visando a seletividade
10 a esta cultura. O experimento foi conduzido no município de Chpadadão do Sul/MS, em
11 cultivo de segunda safra, ano agrícola 2014/15. O delineamento experimental utilizado
12 foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições, em
13 esquema fatorial 5 x 11, designado por: cinco épocas de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 Dias
14 após aplicação) e 10 herbicidas aplicados (Piritiobaque-sódico dose 22,4 g i.a. ha⁻¹,
15 Piritiobaque-sódico 42 g i.a. ha⁻¹, Mesotriona 72 g i.a. ha⁻¹, Etoxissulfurom 12 g i.a. ha⁻¹,
16 Etoxissulfurom 24 g i.a. ha⁻¹, Bentazona 600 g i.a. ha⁻¹, 2,4-D 564 g i.a. ha⁻¹, Atrazina
17 1.250 g i.a. ha⁻¹, Flumicloraque pentílico 30 g i.a. ha⁻¹ e Imazetapir 30 g i.a. ha⁻¹), além
18 da testemunha sem aplicação. Foram avaliados a fitotoxicidade de plantas, altura de plantas,
19 estande de plantas, número de folhas por planta, plantas em florescimento e massa seca
20 da parte aérea. Concluiu-se que Bentazona, Imazetapir e Flumicloraque pentílico foram
21 os herbicidas que promoveram os menores níveis de fitotoxicidade à *C. ochroleuca*, com
22 menos interferência em altura e estande das plantas, e também na produção de folhas,
23 biomassa e inflorescências, indicando possível seletividade à *C. ochroleuca*.

24
25 **Palavras-chave:** *Crotalaria ochroleuca*, seletividade, herbicidas pós-emergentes,
26 plantas daninhas.

27
28
29
30
31
32
33

34 **CHAPTER 2 – EFFECT OF HERBICIDES POST EMERGENCE IN *Crotalaria***
35 ***ochroleuca*.**

36

37 *ABSTRACT - The sun hemp is a species that has been widely used in agricultural*
38 *production systems, depending on their potential for nitrogen fixation, nematodes*
39 *reduction and good ground cover. However, with respect to weed management, there is*
40 *difficulty in handling over sunn hemp crop cycle, since there are no herbicides registered*
41 *for this crop. The objective was to evaluate the effect of the use of post-emergence*
42 *herbicides in *Crotalaria ochroleuca* plants, aimed at selectivity to this culture. The*
43 *experiment was conducted in the municipality of Chpadadão South / MS, in second-crop*
44 *cultivation, crop year 2014/15. The experimental design was a randomized block in split*
45 *plot with four replications, in a factorial 5 x 11, called: five evaluation times (7, 14, 21,*
46 *28 and 35 days after application) and 10 applied herbicides (Pyriithiobac-sodium 22.4 g*
47 *a.i. ha⁻¹, Pyriithiobac-sodium 42 g a.i. ha⁻¹, Mesotrione 72 g a.i. ha⁻¹, Etoxissulfurom 12*
48 *g a.i. ha⁻¹, Etoxissulfurom 24 g a.i. ha⁻¹, Bentazon 600 g a.i. ha⁻¹, 2,4-D 564 g a.i. ha⁻¹,*
49 *Atrazine 1,250 g a.i. ha⁻¹, Flumiclorac pentyl 30 g a.i. ha⁻¹ and Imazethapyr 30 g a.i. ha⁻¹,*
50 *and the control without application. They evaluated the phytotoxicity of plants, plant*
51 *height, plant stand, number of leaves per plant, plants in flowering and dry mass of*
52 *shoots. It follows that Bentazon, flumiclorac pentyl and Imazethapyr were herbicides that*
53 *promote lower levels of phytotoxicity to *C. ochroleuca* with less interference in height*
54 *and stand of plants and also in the production of leaves, inflorescences, and biomass,*
55 *suggesting a possible selectivity to *C. ochroleuca*.*

56

57 **Keywords:** *Crotalaria ochroleuca, selective, post-emergent herbicides, weed.*

58

59

60

INTRODUÇÃO

61

62 A expansão das áreas agrícolas na região do cerrado, caracterizando-se pelo uso
63 intensivo do solo, tem levado ao surgimento de áreas degradadas, infestadas por plantas
64 daninhas e pragas, e que, muitas vezes, são abandonadas por se tornarem improdutivas
65 (Hayashi et al., 2002). Nesse sentido, uma das alternativas visando à produção sustentável

66 no cerrado, é a implantação de plantas de cobertura, para formação de uma cobertura
67 vegetal morta sobre o solo (Fidelis et al., 2003).

68 Esse sistema já vem apresentando diversos benefícios, como maior controle da
69 erosão e aumento da porosidade e conservação da água do solo, disponibilizando mais
70 água as plantas, amenizando os efeitos das estiagens e levando, conseqüentemente, ao
71 maior rendimento das culturas, além de promover melhorias nas características físicas,
72 químicas e biológicas do solo (Silva et al., 2006).

73 A crotalária, pertencente à família Fabacea, é uma das plantas mais empregadas,
74 pois, além de ser considerada uma cobertura verde e atuar na proteção do solo, tem
75 também potencial para controlar plantas daninhas e nematoides (Inomoto e Asmus, 2014;
76 Vincensi et al., 2011). Dentre as espécies, destaca-se a *C. ochroleuca*, que já apresentou
77 resultados satisfatórios na supressão de espécies de plantas daninhas (*Digitaria*
78 *horizontalis*, *Hyptis lophanta* e *Amaranthus spinosus*) e, quando cultivada em rotação de
79 cultura com a soja, verificou-se redução na densidade da população de nematoides.
80 (Leandro e Asmus, 2015; Erasmo et al., 2004). O produtor pode ainda empregar essa
81 cultura visando à obtenção de lucro através da comercialização de sementes (Dourado et
82 al., 2001).

83 Porém, assim como as demais espécies, a *C. ochroleuca* também pode vir a
84 apresentar perdas significativas na produção quando em competição com plantas
85 daninhas e, por estar começando a ser semeada como cultura, alguns fatores relacionados
86 ao seu cultivo, como o controle de plantas daninhas, necessitam ser estudados (Braz et
87 al., 2015). Por esse motivo também, trabalhos relacionados à seletividade de herbicidas a
88 esta cultura são escassos na literatura, e até o momento, não há recomendação de
89 herbicidas seletivos a crotalária.

90 Os herbicidas nicosulfuron e bentazon foram considerados seletivos a *C. juncea* e
91 *C. spectabilis* dependendo da dosagem utilizada (Nogueira et al., 2015). Braz et al. (2015)
92 avaliaram a utilização de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência de *C. spectabilis*,
93 concluindo que os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulan, imazethapyr, phrithiobac-
94 sodium, trifloxysulfuron-sodim, clomazone, pendimethalin, S-metalochlor e trifluralin,
95 acarretaram em baixos níveis de injúrias a crotalária, contudo, os autores ressaltam a
96 importância de mais pesquisas na área, visando assegurar a seletividade desses produtos
97 e, futuramente, a sua recomendação.

98 Diante do contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da utilização de
99 herbicidas pós-emergentes em plantas de *Crotalaria ochroleuca*, visando a seletividade a
100 esta cultura.

101

102

MATERIAL E MÉTODOS

103

104 O experimento foi conduzido no ano agrícola 2014/15, em segunda safra no
105 município de Chapadão do Sul – MS, cujo solo é descrito como Latossolo Vermelho
106 distrófico (Embrapa, 2006).

107

108 A área foi ocupada com soja em cultivo de verão, seguido pela *Crotalaria*
109 *ochroleuca* que foi semeada em 13/04/2015, com o espaçamento entre linhas de 0,22 m,
110 utilizando 18 kg de sementes por ha, com profundidade de semeadura de 3 cm. O
111 delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas
112 subdivididas no tempo, em esquema fatorial 5 x 11, designado por: cinco épocas de
113 avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação [DAA] e 10 herbicidas aplicados, além
114 da testemunha sem aplicação (Tabela 1), com quatro repetições.

114

115 Cada parcela experimental tinha a dimensão de 7 m de comprimento por 3 m de
116 largura, totalizando uma área de 21 m², constituída por 13 linhas de plantas de crotalária.
117 A aplicação dos tratamentos foi realizada em pós-emergência da cultura, 30 dias após a
118 semeadura (DAS), quando as plantas de crotalária apresentavam estágio 1 da escala
119 BBCH (estádio de desenvolvimento de folhas) (Bleiholder et al., 1991), tendo entre três
120 e quatro folhas totalmente desenvolvidas e altura média de 9 cm. Para a aplicação foi
121 utilizado um pulverizador costal de pressão constante, pressurizado a CO₂, pressão de 2
122 Kgf cm⁻² equipado com uma barra de 3,0 m, com seis pontas pulverizadoras jato leque
123 tipo XR 11002, espaçadas de 50 cm, e conduzida a uma altura de 50 cm do alvo. O
124 Volume de calda empregado foi de 150 L ha⁻¹, com horário de aplicação das 17:00 às
125 18:00 horas, com temperatura a 25 °C, umidade relativa de 60% e ventos de 4 km h⁻¹.

125

126

Após aplicação dos herbicidas as plantas foram avaliadas pelos parâmetros
descritos a seguir:

127

128

Fitotoxicidade de plantas: determinada por uma escala percentual de notas visuais
variando de 0% a 100%, sendo 0% nenhuma injúria e 100% morte total das plantas,

129 adaptado da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), sendo
130 as plantas de *C. spectabilis* avaliadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA.

131 Altura de plantas: foi mensurada em cinco plantas aleatoriamente por parcela,
132 compreendida entre a superfície do solo e a última estrutura emitida das plantas em cm,
133 sendo realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA.

134 Estande final de plantas: realizada pela contagem do número de plantas de
135 crotalária em 2 linhas de 2 m, totalizando 4 m dentre as linhas centrais de cada parcela
136 aos 35 DAA, após extrapolado para plantas por metro.

137 Número de folhas por planta: realizada a contagem de folhas completamente
138 desenvolvidas em cada planta, em cinco plantas avaliadas, com posterior extrapolação de
139 média por planta.

140 Plantas em florescimento: realizada pela contagem do número de plantas de
141 crotalária em florescimento, considerando a exibição de pelo menos uma flor aberta,
142 dentro de 50 plantas avaliadas aos 35 DAA, depois extrapolado para %.

143 Massa seca da parte aérea: foi realizada a coleta de amostra pelo método do
144 quadrado aos 35 DAA, que consistiu em arremessar um quadro de 0,25 m² em cada
145 parcela, colhendo as plantas de crotalária rente ao solo dentro do quadrado. Após a coleta,
146 as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar à
147 temperatura de 65 °C, até obter massa constante, com posterior pesagem e estrapolação
148 para kg ha⁻¹.

149 Os dados de estande final de planta, número de folhas por planta, plantas em
150 florescimentos e massa seca da parte aérea foram submetidos à análise de variância, sendo
151 as médias dos herbicidas, quando significativo pelo teste F, comparadas pelo teste de
152 Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05). Os dados de fitotoxicidade e altura de plantas
153 coletados ao longo do tempo de condução do experimento, foram submetidos à análise
154 de variância, sendo o fator qualitativo, herbicidas, comparado pelo teste de Tukey p<0,05
155 e o fator quantitativo, tempo, pela análise de regressão, sendo as equações ajustadas a
156 p<0,05.

157

158

159

RESULTADOS E DISCUSSÃO

160

161

162 Houve interação entre os fatores fitotoxicidade e altura de plantas, (Figura 1; Figura
163 2; Tabela 2; Tabela 3). Houve também efeito significativo para herbicidas, nas variáveis
164 massa seca da parte aérea, estande final de plantas, número de folhas por planta e plantas
165 em florescimento (Tabela 4).

166 O herbicida Bentazona 600 g i.a. ha⁻¹ proporcionou as menores médias de
167 fitotoxidez em plantas de *C. ochroleuca* com relação aos demais herbicidas, durante o
168 ciclo, em todas as épocas de avaliação (Figura 1 (b); Tabela 2), as plantas no início da
169 avaliação obtiveram toxidez média de 5% com sintoma de leve clorose foliar, com
170 posterior diminuição ao longo do ciclo da cultura e recuperação total das plantas ao final
171 das avaliações. A seletividade do herbicida bentazon pode estar relacionada à
172 metabolização rápida da molécula até formas não tóxicas, o que evitou a morte das plantas
173 e prosseguiu para recuperação (Roman et al., 2007).

174 As plantas de *C. ochroleuca* com aplicação de Flumicloraque pentílico e
175 Imazetapir, ambos na dose 30 g i.a., apresentaram baixa fitotoxicidade ao longo do ciclo,
176 tendo aos 7 DAA em torno de 15%, com poucas injurias de pontuações cloróticas e
177 necróticas para Flumicloraque e leve clorose foliar com uso de Imazetapir. Chegando ao
178 final das avaliações (35 DAA) com fitotoxidez inferior a 10% (Figura 1 (a) (b); Tabela
179 2), tendo a recuperação das plantas às lesões provocadas pelos herbicidas. Similar ao
180 verificado por Mosjidis e Wehtje (2011) estudando controle de plantas daninhas em
181 *Crotalaria juncea*, e Braz et al. (2015) estudando potencial de seletividade de herbicidas
182 à *C. spectabilis* que verificaram baixos nível de injurias às plantas, inferior a 10%
183 utilizando o herbicida Imazetapir e Flumicloraque pentílico, considerando-os herbicidas
184 seletivos e eficaz para muitas culturas leguminosas.

185 Ao longo do período de avaliação os herbicidas, Piritiobaque-sódico nas doses de
186 22,4 e 42 g i.a., Mesotriona 72 g i.a, Etoxissulfurom nas doses de 12 e 24 g i.a., e 2,4-D
187 564 g i.a., provocaram alta fitotoxicidade nas plantas de *C. ochroleuca*, promovendo ao
188 início das avaliações intoxicações às plantas superiores a 20% (Figura 1 (a) (b); Tabela 2),
189 e este nível de fitotoxicidade se elevou durante o ciclo da cultura, alcançando aos 35 DAA
190 próximos a 90%, o qual significa, que as plantas em sua maioria encontravam-se mortas.

191 Os sintomas visualizados provocados por Piritiobaque-sódico e Etoxissulfurom,
192 foram de clorose e necrose nas folhas do ponteiro, com morte do meristema apical e
193 posterior morte da planta por completa. Estes herbicidas são classificados como
194 sistêmicos pelo mecanismo de agir como inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS),
195 esta enzima é responsável por catalisar a síntese de três aminoácidos essenciais: valina,
196 leucina e isoleucina, ao qual a inibição interrompe a síntese proteica que, por sua vez,
197 interfere na síntese do DNA e no crescimento celular, levando plantas sensíveis a morte
198 (Vidal, 1997; Corrêa e Alves, 2010). As plantas tolerantes a estes herbicidas, possui uma
199 seletividade natural que os degrada rapidamente, tornando insensível a ação destes,
200 possivelmente como apresentou a *C. ochroleuca* ao Imazetapir.

201 As injúrias provenientes da aplicação de Mesotriona foram o branqueamento de
202 folhas com posterior necrose, principalmente as mais jovens, com morte do ponteiro e em
203 sequência morte total da planta. Estes sintomas deve-se a ação deste herbicida às plantas
204 de folhas largas, que inibe a biossíntese de carotenoide através da interferência na
205 atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos,
206 provocando despigmentação das folhas que é ocasionada pela fotodegradação da
207 clorofila, com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais, impedindo o
208 desenvolvimento das mesmas (Mendes et al., 2015). O 2,4-D ocasionou sintomas de
209 murchamento e encarquilhamento das folhas, principalmente das terminais, devido ao seu
210 mecanismo de ação em plantas dicotiledôneas, onde atua mimetizando a auxina,
211 provocando distúrbios diversos (paralisação ou crescimento anormal de tecidos,
212 obstrução do floema, morte do sistema radicular e epinastia das folhas, etc), podendo
213 levar as plantas sensíveis à morte (Rodrigues e Almeida, 1998; Shaw e Arnold, 2002).

214 Não houve ajuste de regressão para Atrazina 1.250 g i.a. ha⁻¹, em função da
215 fitotoxidez verificada aos 7 DAA, tendo os sintomas iniciais de clorose com posterior
216 necrose nas folhas e morte das plantas aos 14 DAA (Figura 1; Tabela 1). De acordo com
217 Menezes et al. (2012) o herbicida Atrazina, atua na inibição do fotossistema II, levando
218 a planta a morte, principalmente em plantas dicotiledôneas. Logo, a *C. ochroleuca* que é
219 uma dicotiledônea apresentou-se intolerante a aplicação de Atrazina, indicando não
220 apresentar seletividade deste herbicida a esta cultura, mas sim potencial para controle da
221 mesma.

222 Nas avaliações de altura de plantas de *C. ochroleuca*, pode ser observado que
223 houve redução no porte das plantas em função da aplicação de Piritiobaque-sódico e
224 Etoxissulfurom, ambos nas duas doses testadas, e também Mesotriona (Figura 2 (a) (b);
225 Tabela 3). Essa redução corresponde a morte dos ponteiros das plantas, e em sequência
226 morte das plantas, provocada pelos herbicidas. As plantas tratadas com 2,4-D não
227 obtiveram crescimento ao longo das avaliações, estabelecendo alturas próximas a da
228 inicial até o final, conferindo os sintomas de seu mecanismo de ação em dicotiledôneas.
229 Bentazona, Imazetapir e Flumicloraque pentílico proporcionaram alturas crescentes nas
230 plantas ao longo do ciclo (Figura 2 (a) (b); Tabela 3), demonstrando baixa interferência
231 negativa no crescimento e desenvolvimento, sendo os valores obtidos mais próximos com
232 os da testemunha, que obteve as maiores alturas durante todo o período avaliado.

233 Embora inferior a testemunha, a aplicação dos herbicidas Bentazona 600 g i. a,
234 Flumicloraque pentílico 30 g i. a e Imazetapir 30 g i. a, foram os que proporcionaram as
235 maiores massas de matéria seca da parte aérea, estando de plantas aos 35 DAA em relação
236 aos demais herbicidas (Tabela 4). Todavia estes resultados de massa seca e estande, está
237 ligado a efeitos resultantes da fitotoxicidade e altura das plantas promovidas pela ação dos
238 herbicidas, podendo analisar onde apresentou menor fitotoxicidade maior foi a altura e
239 maior massa seca de parte aérea, e assim o inverso, que proporcionou menor
240 desenvolvimento e porte da planta, reduzindo a fitomassa das plantas de *C. spectabilis*.

241 No entanto estes herbicidas que causaram baixos níveis de fitotoxicidade,
242 obtiveram massa seca da parte aérea e estande de plantas reduzidos, quando comparado
243 com a testemunha sem aplicação, indicando que muitas vezes os sintomas causados por
244 herbicidas não se restringe ser apenas visualmente perceptíveis ou não, mas podem
245 interferir na produtividade final.

246 A aplicação de Bentazona, Flumicloraque pentílico e Imazetapir, não afetou o
247 número de folhas aos 35 DAA (Tabela 4), comparado à testemunha. Entretanto os demais
248 herbicidas levaram as plantas a terem números baixos de folhas, que conseqüentemente
249 proporcionaram menor índice de área foliar IAF para a crotalária, o qual representa a
250 capacidade das folhas de explorar o espaço disponível, e está totalmente relacionado com
251 a taxa fotossintética da planta, sendo que o ótimo IAF favorecerá maior produtividade
252 biológica, promovendo energia necessária para o bom crescimento e desenvolvimento
253 das plantas (Monteiro et al., 2005).

254 O herbicida bentazona foi o único a não prejudicar a porcentagem de plantas em
255 florescimento (Tabela 4), alcançado a mesma proporção que a testemunha 50% aos 35
256 DAA. Com tudo, os demais herbicidas apresentaram os índices de plantas em
257 florescimento reduzidos, em consequência aos seus efeitos, que refletiram no
258 desenvolvimento da cultura resultando no prolongamento do ciclo.

259 Para designar os possíveis herbicidas a estudos de seletividade, é considerado que
260 se exerça o nível de fitotoxicidade igual ou inferior a 25 %, além da subsequente
261 recuperação das lesões causadas às plantas pelos herbicidas (Braz et al., 2015). Desta
262 maneira os herbicidas Bentazona, Imazetapir e Flumicloraque pentílico nas doses 600 g
263 i.a., 30 g i.a. e 30 g i.a. respectivamente, aplicados em pós-emergência, promoveram
264 baixo nível de fitotoxicidade, o qual os prejuízos foram inferiores a 10%, assim como pouca
265 ou nenhuma interferência em altura e população de plantas, produção de folhas, biomassa
266 e na inflorescência. Demonstrando maior seletividade para a *Crotalaria ochroleuca*,
267 tendo indicação a serem avaliados em programas de seleção de herbicidas para esta
268 espécie. Mas faz-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas para assegurar a
269 selectividade destes produtos.

270

271

LITERATURA CITADA

272

273 BRAZ, G. B. P. et al. Selection of herbicides targeting the use in crop systems cultivated
274 with showy crotalaria. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 521-534, 2015.

275

276 CORRÊA, M. J. P.; ALVES, P. L. C. A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a
277 eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada.
278 **Ciênc. agrotec.**, v. 34, n. 5, p. 1136-1145, 2010.

279

280 DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de
281 grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Sci. agric.**, v. 58,
282 n. 2, p. 287-293, 2001.

283

284

- 285 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema**
286 **brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
287
- 288 ERASMO, E. A. L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo
289 integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.
290
- 291 FIDELIS, R. R.; ROCHA, R. N. C.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos
292 do plantio direto para a cultura da soja. **Biosci. J**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2003.
293
- 294 HAYASHI, M. M. S. et al. Balanço de energia da *Crotalaria juncea* L. no período seco
295 e no período úmido do ano, em condições de Cerrado. **Revista Brasileira de**
296 **Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.2, p. 197-205, 2002.
297
- 298 INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Adubos verdes das famílias *Fabaceae* e *Mimosaceae*
299 para o controle de fitonematoides. In: LIMA FILHO, O. F., AMBROSANO, E. J.;
300 ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**.
301 Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 12, p. 441-479.
302
- 303 LEANDRO, H. M.; ASMUS, G. F. Rotação e sucessão de culturas para o manejo do
304 nematoide reniforme em área de produção de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n.
305 6, p. 945-950, 2015
306 .
- 307 MENDES, K. F. et al. Seleção de plantas indicadoras para o monitoramento do
308 mesotrione e metribuzin em solo argiloso. **Rev. Ciênc. Agro-Ambient.**, v. 13, n. 1, p.
309 53-59, 2015.
310
- 311 MONTEIRO, J. E. B. A. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de
312 dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.
313
- 314 NOGUEIRA, C. H, P. et al. Seletividade dos herbicidas bentazon e nicosulfuron para
315 *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
316 FITOSSANIDADE, 3., 2015, Aguas de Lindóia. **Anais...** São Paulo, SP: UNESP, 2015.

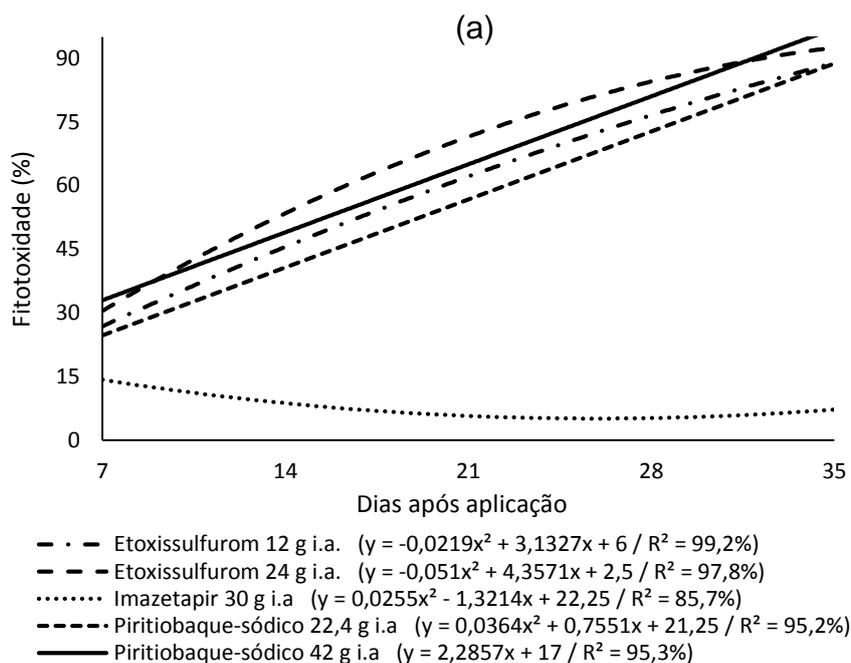
- 317 MENEZES, C. W. G. et al. Seletividade de atrazine e nicosulfuron a *Podisus nigrispinus*
318 (Heteroptera: Pentatomidae). **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 327-334, 2012.
- 319 MOSJIDIS, J. A.; WEHTJE, G. 2011. Weed control in sunn hemp and its ability to
320 suppress weed growth. **Crop Protection**, v. 30, p. 70-73, 2011.
- 321
- 322 RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina: 1998. 648 p.
- 323
- 324 ROMAN, E.S.; BECKIE, H. et al. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à**
325 **aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 158p
- 326
- 327 SHAW, D. R.; ARNOLD, J. C. Weed control from herbicide combinations with
328 glyphosate. **Weed Technol.**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2002.
- 329
- 330 SILVA, P. R. F. et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo
331 do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36,
332 n. 3, p. 1011-1020, 2006.
- 333
- 334 SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD.
335 **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**.
336 Londrina: SBCPD, 1995. 42p.
- 337
- 338 VIDAL, R.A. **Herbicidas: Mecanismo de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre,
339 Ribas Vidal, 1997, 165 p.
- 340
- 341 VINCENSI, M. M. et al. Manejo do solo e adubação nitrogenada na supressão de plantas
342 daninhas na cultura do feijão de inverno e irrigado. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 3, p.
343 758-764, 2011.
- 344
- 345
- 346
- 347

348 **Tabela 1.** Relação dos herbicidas com as respectivas doses aplicadas na cultura de
 349 *Crotalaria ochroleuca*. Chapadão do Sul, MS - 2015.

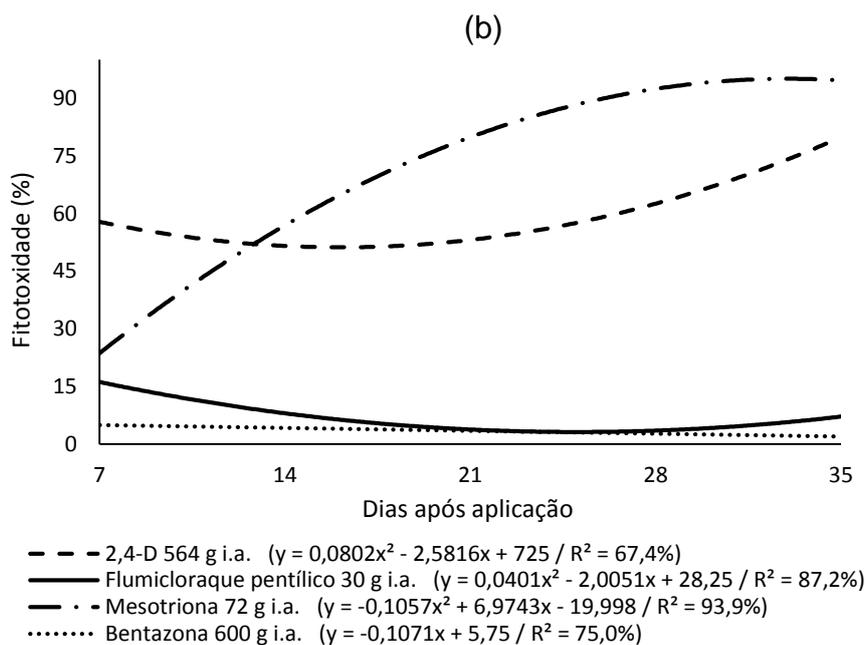
Herbicida	Dose (g i.a ha ⁻¹)	Mecanismo de ação
Piritiobaque-sódico	22,4	Inibidores de ALS
Piritiobaque-sódico	42	
Imazetapir	30	
Etoxissulfurom	12	
Etoxissulfurom	24	
Bentazona	600	Inibidores do fotossistema II
Atrazina	564	
Flumicloraque pentílico	30	Inibidor da PROTOX
Mesotriona	72	Inibidor da síntese de carotenóides
2,4-D	1.250	Mimetizador de auxina
Testemunha	-	-

350
 351
 352

Em todos os herbicidas testados foi adicionado o adjuvante LI-700 na dose de 0,1% v v⁻¹ na aplicação.



353



354

355

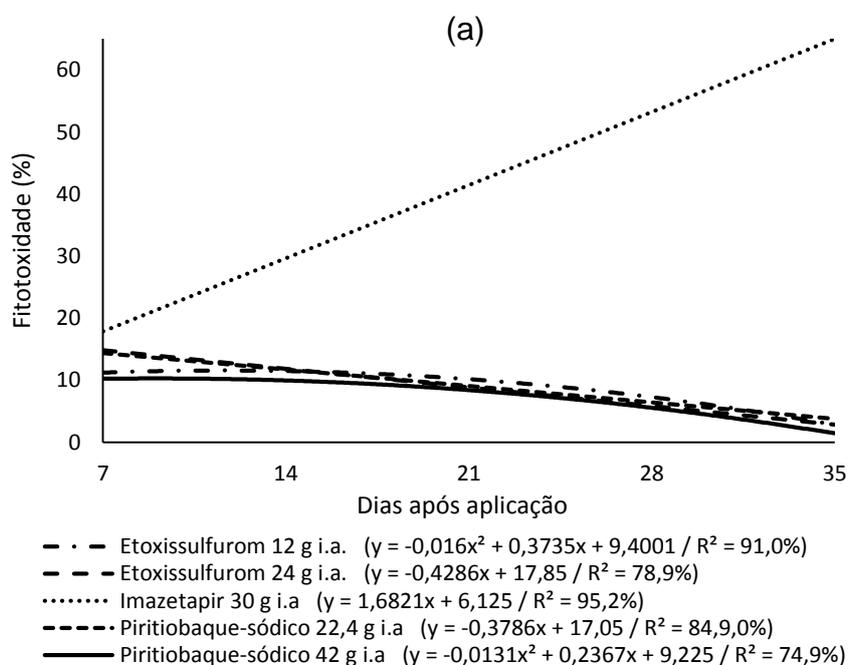
356

357

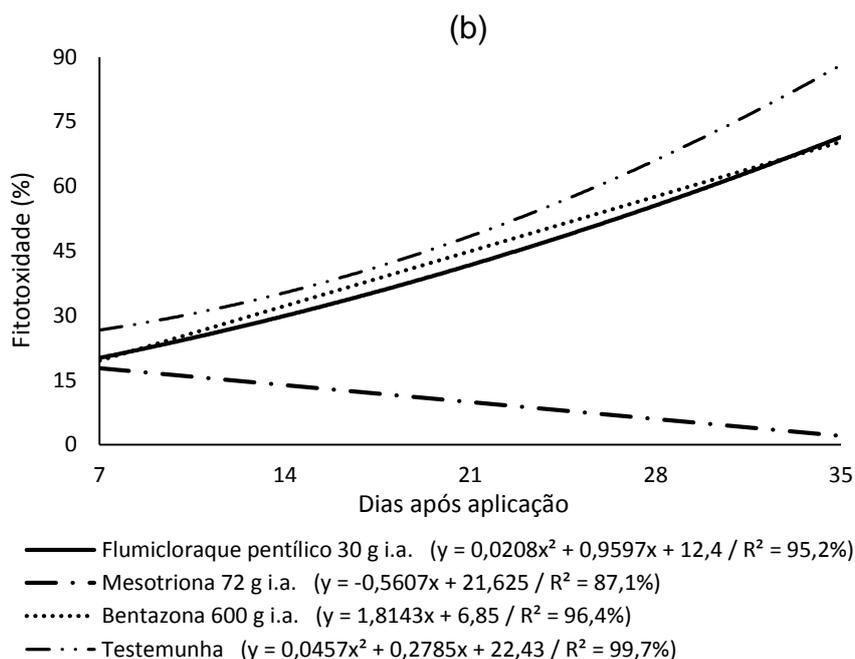
358

359

Figura 1 – Fitotoxidade (%) em plantas de *C. ochroleuca* resultante das aplicações de herbicidas (a) (Inibidores de ALS) e (b) (Demais mecanismos de ação) ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS - 2015.



360



361

362

363

364

365

Figura 2 – Altura de plantas (cm) de *C. ochroleuca* resultante das aplicações de herbicidas (a) (Inibidores de ALS) e (b) (Demais mecanismos de ação) ao longo do tempo (7, 14, 21, 28 e 35 DAA). Chapadão do Sul, MS - 2015.

366

367

368

369

Tabela 2. Fitotoxidade (%) de plantas de *C. ochroleuca* em cada época de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS - 2015.

Herbicidas	Dose (g i.a.ha ⁻¹)	7 ¹ DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Piritiobaque-sódico	22,4	30 g	38 d	48 e	80 f	89 ef
Piritiobaque-sódico	42	30 g	48 f	70 g	88 g	90 f
Imazetapir	30	15 c	8 c	5 c	8 d	6 c
Etoxissulfurom	12	28 f	45 e	60 f	80 f	88 e
Etoxissulfurom	24	33 g	50 g	70 g	90 h	90 f
Bentazona	600	5 b	5 b	3 b	3 b	3 b
Atrazina	1.250	53 i	100 i	100 h	100 j	100 h
Flumicloraque pentílico	30	18 d	5 b	5 c	5 c	6 c
Mesotriona	72	20 e	68 h	70 g	95 i	95 g

2,4-D	564	60 j	50 g	45 d	75 e	75 d
Testemunha	-	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
Coeficiente de Variação (%)		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

370 Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

371 * Gramas do ingrediente ativo por hectare. ¹DAA=Dias após a aplicação.

372

373 **Tabela 3.** Altura de plantas (cm) de *C. ochroleuca* em cada época de avaliação (7, 14, 21,
374 28 e 35 DAA) resultante das aplicações dos herbicidas. Chapadão do Sul, MS - 2015.

Herbicidas	Dose (g i.a.ha ⁻¹)	7 ¹ DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Piritiobaque-sódico	22,4	13,8 de	11,8 d	9,0 fg	9,3 de	1,8 ef
Piritiobaque-sódico	42	11,4 f	8,0 ef	7,5 g	8,8 e	0 f
Imazetapir	30	21,0 b	29,3 b	38,3 c	48,5 c	70,3 b
Etoxissulfurom	12	12 ef	9,8 de	10,8 ef	8,3 e	2,4 e
Etoxissulfurom	24	14,3 d	11,3 d	9,0 fg	9,8 de	0 f
Bentazona	600	21,8 b	29,0 b	42,5 b	63,5 b	68,0 c
Atrazina	1.250	14,0 de	7 f	0,0 h	0,0 f	0,0 f
Flumicloraque pentílico	30	20,0 b	32,3 a	35,5 d	61,5 b	69,5 bc
Mesotriona	72	16,5 c	15,5 c	8,0 g	9,3 de	0 f
2,4-D	564	11,0 f	8,8 ef	12,8 e	11,3 d	10,8 d
Testemunha	-	27,5 a	33,5 a	48,5 a	67,8 a	87,3 a
Coeficiente de Variação (%)		4,3	4,3	4,3	4,3	4,3

375 Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de
376 probabilidade.

377 * Gramas do ingrediente ativo por hectare. ¹DAA=Dias após a aplicação.

378

379 **Tabela 4.** Efeitos de herbicidas aplicados em *C. ochroleuca*, sobre massa seca da parte
380 aérea, estande de plantas, número de folhas por planta e % de plantas em florescimento,
381 aos 35 dias após aplicação. Chapadão do Sul, MS - 2015.

Tratamentos	*Dose (g i.a.ha ⁻¹)	¹ M. S.	² Est.	³ Nº Fol.	⁴ % Pl. Fl
Piritiobaque-sódico	22,4	65 e	1,6 e	2,8 bc	4 cd
Piritiobaque-sódico	42	0 e	0 g	0 d	0 d

Imazetapir	30	1.319 b	21,8 b	13,8 a	42 b
Etoxissulfurom	12	40 e	0,9 f	2,3 c	5 c
Etoxissulfurom	24	0 e	0 g	0 d	0 d
Bentazona	600	1.396 b	21,2 c	13,5 a	50 a
Atrazina	1.250	0 e	0,0 g	0,0 d	0 d
Flumicloraque pentílico	30	1.203 c	20,8 c	12,8 a	40 b
Mesotriona	72	0 e	0 g	0 d	0 d
2,4-D	564	344 d	7,8 d	4,5 b	0 d
Testemunha	-	1.641 a	25,2 a	13,8 a	50 a
Coeficiente de Variação (%)		6,3	2,4	12,5	9,2

382 Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
383 *Gramas do ingrediente ativo por hectare. ¹ Massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹). ²Estande de plantas por metro. ³Número
384 de folhas por planta. ⁴ % de plantas em florescimento.