

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO SUL DE MINAS GERAIS - CÂMPUS MACHADO**

Marcelo Ferri Gonçalves

**Aplicação do herbicida sulfentrazone em mudas de café após
implantação**

MACHADO - MG

2013

Marcelo Ferri Gonçalves

**Aplicação do herbicida sulfentrazone em mudas de café após
implantação**

Monografia apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

MACHADO - MG

2013

A minha mãe, que sempre esteve presente e apoiando-me em todas as minhas decisões, tornando o meu desenvolvimento acadêmico possível.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Saul Jorge Pinto de Carvalho, que me concedeu a oportunidade de integrar o grupo assistido de pesquisa e extensão (GAPE) matologia, contribuindo diretamente para minha formação acadêmica e futuro profissional. Aos meus colegas de GAPE Alan, Bruno, Edisom e Rodrigo, que sempre me ajudaram nas realizações e tomadas de decisões em todo o decorrer do projeto.

“Muito a aprender você ainda tem.”
Mestre Yoda – George Lucas.

RESUMO

O potencial de competição das plantas daninhas com as plantas de café é elevado, sobretudo durante a fase de implantação da cultura. Embora existam vários herbicidas registrados para a cultura do café, pouquíssimos possuem seletividade total para serem aplicados diretamente sobre as plantas, em pós-emergência. O sulfentrazone é um herbicida Fenil-triazolinona, que inibe a protoporphirogene oxidase. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a seletividade do herbicida sulfentrazone para mudas de café, quando aplicado em pós-emergência, após implantação do cafeeiro. O trabalho foi desenvolvido em viveiro experimental do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – câmpus Machado, utilizando mudas de café (*Coffea arabica*), cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, adquiridas de viveiro comercial. Foram realizados dois experimentos distintos, sendo o primeiro em 2012 e o segundo em 2013. As mudas foram plantadas em vasos de polietileno de 4L de capacidade, preenchidos com solo argiloso. Foram realizados cinco tratamentos, sendo estes (g ha^{-1}): sulfentrazone a 400, 550 e 700 g ha^{-1} , além das testemunhas inicial e final sem aplicação. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com sete repetições no experimento de 2012 e seis repetições no experimento de 2013. As aplicações foram realizadas com auxílio de um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO_2 , pulverizando o equivalente a 200 L ha^{-1} de calda. Aos 7, 14, 21, 28, 35 e 45 dias após aplicação dos tratamentos (DAT) no experimento de 2012, foi realizada avaliação visual da toxicidade dos herbicidas às plantas de café. Para o experimento de 2013, as avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT. No primeiro experimento, aos 35 e 45 DAT foram avaliados o teor de clorofila das plantas com o auxílio do clorofilometro modelo SPAD 502 sendo que, em 2013, as avaliações foram realizadas aos 28 e 35 DAT. Aos 35 e 45 DAT do primeiro e segundo experimento, respectivamente, as plantas foram colhidas e secadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70° C , até massa constante, para determinação da biomassa seca da parte aérea e das raízes. Todos os dados foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância. Em seguida, utilizou-se teste de Tukey para comparação dos dados, bem como emprego de regressões polinomiais. Foram observadas no herbicida sulfentrazone características seletivas às mudas de café com destaque para as mudas em estágio fenológico mais avançado. Maiores sinais de fitotoxicidade foram vistos nas mudas mais jovens em todas as doses do herbicida.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, protox, matocompetição, controle.

ABSTRACT

Weeds have high potential for competing with coffee plants, especially during the crop implantation phase. Although there are several herbicides registered for the coffee crop, just few of them are totally selectivity to be applied directly over the plants, in post-emergence. Sulfentrazone is a phenyl-triazolinone herbicide, which inhibits the protoporphirogene oxidase. Therefore, this work was carried out with the objective of evaluating sulfentrazone selectivity for coffee plants, when post-emergence applied after transplantation. The work was developed at the experimental nursery of 'Instituto Federal do Sul de Minas Gerais' - Machado campus, using young plants of coffee (*Coffea arabica*), cultivar Red Catuai IAC 144, acquired from commercial nursery. Two trials were carried out, the first in 2012 and the second in 2013. Seedlings were planted in 4L-polyethylene pots, fulfilled with clay soil. After that, five treatments were applied, as follows (g ha^{-1}): sulfentrazone at 400, 550 and 700, besides initial and final check plots, without application. The experimental design was randomized complete blocks, with seven replications for 2012-trial and six replications for 2013-trial. Herbicide application was performed with a CO_2 -backpack sprayer, calibrated for applying 200 L ha^{-1} of spray tank. For 2012-trial, herbicide visual toxicity on coffee plants was evaluated at 7, 14, 21, 28, 35 and 45 days after application (DAA). For the experiment of 2013, these evaluations were performed at 7, 14, 21, 28 and 35 DAA. In the first experiment (2012), at 35 and 45 DAA, plants chlorophyll content was evaluated with the chlorophyll meter model SPAD 502. In 2013, the evaluations were taken at 28 and 35 DAA. At 35 and 45 DAA, in the first and second experiments, respectively, plants were harvested and dried in air circulating oven, at 70°C , up to constant mass, in order to determinate shoot and root dry biomass. All data were analyzed by the application of F-test on the variance analysis. Then, data was compared by Tukey's test or using polynomial regressions. Selective characteristics on coffee plants were observed for the herbicide sulfentrazone, with highlights to seedlings with advanced phenological stage. The younger plants showed more signals of toxicity in all the herbicide rates.

Key words: *Coffea arabica*, protox, weed competition, control.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
1. A CULTURA DO CAFEIEIRO	9
2. MATO-COMPETIÇÃO NA CULTURA DO CAFÉ	10
3. HERBICIDAS INIBIDORES DA PROTOX.....	12
4. SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS.....	15
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
6.1 Experimento realizado em 2012.....	20
6.2 Experimento realizado em 2013.....	24
7. CONCLUSÕES	27
8. REFERÊNCIAS	28

INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) assume papel de destaque na economia do Brasil e do mundo. Em virtude da forma de exploração, a cultura do café permitiu grandes avanços tecnológicos para otimizar seu produto final. Desde os primórdios do Século XX, o Brasil já se destacava na produção mundial de café, chegando a marca de mais de 80% da produção mundial. Os principais estados produtores de café no país são Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Rondônia e Paraná, correspondendo a mais de 90% da produção nacional de café (CONAB, 2013).

No cultivo do café, o estudo das plantas daninhas e seu controle é uma área das ciências agrônômicas de grande complexidade e que depende de conhecimentos profundos de um grande número de ciências básicas que compõe a agronomia. Um conceito amplo de planta daninha a enquadra como toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada.

O cafeeiro possui crescimento lento em relação ao das plantas daninhas, permitindo que elas exerçam maior competição pelos recursos disponíveis. Por isso, a competição das plantas daninhas com o café é mais severa durante a formação da lavoura (primeiro e segundo ano após a implantação) (SILVA et al., 2008). Mesmo existindo vários herbicidas registrados para a cultura do café, pouquíssimos possuem seletividade total para serem aplicados diretamente sobre as plantas desta cultura, em pós-emergência.

A competição é a forma mais conhecida de interferência das plantas daninhas sobre as culturas. Os recursos que mais frequentemente estão sujeitos à competição são os nutrientes minerais essenciais, água, luz e espaço.

Dentre os herbicidas com registro para o café, o sulfentrazone é um herbicida de ação tanto em pré como em pós-emergência, sendo o seu mecanismo de ação classificado como inibidor da protox (protoporphirogênio oxidase). A seletividade deste herbicida as plantas está supostamente relacionada com o rápido metabolismo do herbicida nas mesmas (CARVALHO e LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Com essas informações, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a seletividade do herbicida sulfentrazone aplicado em área total sobre mudas de café em estágio de implantação.

1. A CULTURA DO CAFEIEIRO

O subgênero *Coffea* agrupa 103 espécies sendo a *Coffea arabica* a de maior importância comercial. *C. arabica* é um alotetraplóide com $2n = 4X = 44$ cromossomos e autofértil com cerca de 10% de polinização cruzada (CARVALHO; MÔNACO, 1962).

O cafeeiro tem como importante característica morfológica a placentação típica que confere aos grãos um sulco ventral no sentido longitudinal. Nas espécies do gênero *Coffea*, as flores possuem anteras e estigmas proeminentes e estilo longo (GOMES FILHO et al., 2008).

O cultivo do cafeeiro possui grande importância para a economia brasileira, principalmente pelas divisas internacionais que proporciona, além da possibilidade de emprego para grande número de trabalhadores (CAIXETA et al., 2008). A primeira estimativa de produção de café (arábica e conilon) para a safra 2013 indica que o País deverá colher entre 46,98 e 50,16 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado, em uma área total plantada no país da ordem de 2.375,79 mil hectares (CONAB, 2013).

Camargo e Camargo (2001) subdividiram o ciclo fenológico completo do cafeeiro em seis fases: 1) vegetação e gemas foliares; 2) indução e maturação das gemas florais; 3) florada; 4) granação dos frutos; 5) maturação dos frutos; 6) repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários. Pezzopane et al. (2003) descreveram uma escala das fases fenológicas reprodutivas do cafeeiro com base em números: 0 (gema dormente); 1 (gema intumescida); 2 (abotoado); 3 (florada); 4 (pós-florada); 5 (chumbinho); 6 (expansão dos frutos); 7 (grão verde); 8 (verde-cana); 9 (cereja); 10 (passa); 11 (seco).

Em virtude da forma de exploração, a cultura do café permitiu grandes avanços tecnológicos para otimizar seu produto final. Atualmente, a fim de garantir a competitividade e a permanência na atividade, o cafeicultor brasileiro tem de se esforçar para tornar a lavoura mais produtiva, rentável e lucrativa (FRANÇA et al., 2010). Contudo, a maior lucratividade pode ser alcançada com aumento da produtividade ou redução nos custos de produção, ou pela otimização das atividades da cadeia produtiva, como, por exemplo, o adequado manejo das plantas daninhas (RONCHI, SILVA e FERREIRA, 2001).

2. MATO-COMPETIÇÃO NA CULTURA DO CAFÉ

Na agricultura, a competição interespecífica é uma interação negativa, na qual os organismos envolvidos utilizam os mesmos recursos, resultando em prejuízo mútuo ao desenvolvimento das espécies (RADOSEVICH, HOLT e GHERSA, 1997).

O manejo intensivo de plantas daninhas é uma das práticas mais realizadas na agricultura (YANG et al., 2007), sendo essencial ao cafeeiro, uma vez que este é extremamente sensível e suscetível à competição por nutrientes (RONCHI e SILVA, 2006), luz e água, prejudicando o florescimento, frutificação e, conseqüentemente, a sua produção (ALCÂNTARA e FERREIRA, 2000).

O potencial de competição das plantas daninhas com as plantas de café é elevado, sobretudo durante a fase de implantação da cultura, pois a capacidade das plantas infestantes em absorver água e nutrientes é comparativamente maior (DIAS, ALVES e DIAS, 2004; TOLEDO, MORAES e BARROS, 1996).

Entretanto, os produtores têm de se esforçar a fim de garantir a competitividade e a permanência na atividade, tornando a lavoura mais produtiva, rentável e lucrativa. Vários são os problemas enfrentados pelos cafeicultores para garantir maiores produtividades, destacando-se o manejo das plantas daninhas (SILVA et al., 2008).

Quando se estuda a competição gerada pela presença das plantas daninhas em áreas cultivadas, essa competição interespecífica passa a afetar as plantas cultivadas e pode ser chamada de matocompetição (DIAS, MONDO e CICERO, 2010).

Dentre as diversas culturas perenes, o café destaca-se pela alta sensibilidade à competição exercida pelas plantas daninhas, com reflexos negativos no crescimento das plantas jovens (FIALHO et al., 2012). Essa alta sensibilidade da cultura do café à interferência das plantas daninhas pode ser atribuída à competição por nutrientes (RONCHI et al., 2003). Este tipo de competição induz mudanças morfológicas nas plantas, como redução da espessura foliar e reduções na proporção de matéria seca de raízes em relação à parte aérea (RAJCAN e SWANTON, 2001). Além disso, sabe-se que o grau de sombreamento imposto pela cultura causa redução na produção de diásporos pelas plantas daninhas, reduzindo o abastecimento do banco de sementes destas no solo (RADOSEVICH et al., 1997).

Segundo Silva et al. (2008), a competição das plantas daninhas com o café é mais severa durante a formação da lavoura (primeiro e segundo ano após a implantação) e também nos meses de outubro a março (época das águas), período que coincide com a frutificação do cafeeiro. Fialho et al. (2012) constataram em sua pesquisa que houve interação das espécies de plantas daninhas e densidades para os teores foliares de N, K e S no cafeeiro.

O cafeeiro possui crescimento lento em relação ao das plantas daninhas, permitindo que elas exerçam maior competição pelos recursos disponíveis (FIALHO et al., 2010). A interferência imposta por essas plantas resulta na diminuição do teor de nutrientes nas folhas (RONCHI et al., 2003), menor crescimento e, conseqüentemente, menor produção do cafeeiro (RONCHI e SILVA, 2006).

Plantas jovens de café são muito sensíveis à interferência das plantas daninhas que ocorrem na linha de plantio, podendo ter seu crescimento e ciclo reprodutivo comprometidos caso o controle não seja efetuado em tempo hábil (RONCHI e SILVA, 2003). No entanto, manejar plantas daninhas na linha de plantio do café é extremamente complicado, pois o controle manual é dispendioso e, muitas vezes, impossível de ser realizado, haja vista a escassez de mão-de-obra e a umidade excessiva do solo; ainda, o controle químico carece de herbicidas seletivos para uso nessa fase da cultura e, também, de tecnologias adequadas à aplicação de herbicidas não-seletivos (RONCHI et al., 2001).

O manejo de plantas daninhas na cultura do cafeeiro está relacionado com o uso, em geral, de máquinas agrícolas, que podem causar compactação do solo (SANTOS et al., 2010; DIAS JUNIOR, 2000; DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996) e alteração do meio onde o sistema radicular desenvolve (GYSI, 2001), promovendo degradação da estrutura do solo e redução da produção das culturas (ARAUJO JUNIOR, 2007).

Já o manejo de plantas daninhas por métodos mecânicos é considerado uma das principais atividades que promovem degradação da estrutura do solo, devido à compactação do solo causada pelas operações de controle. Desse modo, é importante entender como o manejo de plantas daninhas altera a capacidade de suporte de carga dos solos – principalmente quando feito mecanicamente e em condições inadequadas de umidade do solo – para adaptá-lo de forma condizente, visando maior longevidade e maior produtividade da lavoura cafeeira (SANTOS et al., 2009; ARAUJO JUNIOR et al., 2008).

Embora existam vários herbicidas registrados para a cultura do café, pouquíssimos possuem seletividade total para serem aplicados diretamente sobre as plantas desta cultura, em pós-emergência (ALCÂNTARA, 2000a,b; OLIVEIRA e BEGAZO, 1989). Dentre os produtos ou misturas de herbicidas comercializados para uso no cafeeiro recém-transplantado, seja em aplicações em pré ou pós-emergência das plantas daninhas, apenas três herbicidas (fluazifop-p-butil, oryzalin e oxyfluorfen) estão registrados para essa finalidade (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005). Para os demais, é necessário evitar que a calda herbicida atinja diretamente as folhas da planta, o que implica no uso de adequada tecnologia de aplicação (RONCHI e SILVA, 2003).

3. HERBICIDAS INIBIDORES DA PROTOX

Atualmente, no Brasil, existem nove moléculas herbicidas classificadas no GRUPO E (inibidores da Protox) que são registradas para o controle de plantas daninhas em culturas agrícolas (CARVALHO E LÓPEZ-OVERJERO, 2008).

Os principais ingredientes ativos, disponibilizados de forma isolada ou em mistura, são: acifluorfen-sódio, carfentrazone-ethyl, flumicloracpenty, flumioxazin, fomesafen, lactofen, oxadiazon, oxyfluorfen e sulfentrazone (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

Retzinger e Mallory-Smith (1997) classificaram os herbicidas inibidores da Protox em quatro grupos químicos: difeniléteres (aci-fluorfen, fomesafen, lactofen e oxyfluorfen), ftalimidas (flumiclorac e flumioxazin), oxadiazoles (oxadiazon) e triazolinonas (carfentrazone e sulfentrazone).

A Protox (protoporfirinogênio oxidase) está presente na rota de síntese da clorofila e citocromos (Figura 1). Esta rota metabólica também é chamada rota de síntese de porfirinas ou de tetrapirroles (MEROTTO JÚNIOR e VIDAL, 2001). Trata-se da enzima que converte o protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX, por meio de aromatização oxidativa, com exigência de oxigênio molecular (DEVINE, DUKE e FEDKE, 1993; MATRINGE et al., 1989). Na presença do herbicida, tem-se a inibição competitiva da Protox, o que resulta em acúmulo de protoporfirinogênio-IX no cloroplasto (CAMADRO et al., 1991).

O aumento da concentração de protoporfirinogênio-IX no cloroplasto promove sua difusão para o citoplasma, onde é rapidamente convertido para protoporfirina-IX por uma enzima

peroxidase insensível ao herbicida (JACOBS e JACOBS, 1993). No entanto, devido a sua elevada natureza lipofílica, protoporfirina-IX não pode entrar novamente no cloroplasto (LEHNEN et al., 1990). Desta forma, a reação da protoporfirina-IX com as enzimas Mg- e Fe-quelatases, localizadas nos cloroplastos, não ocorre, o que resulta na interrupção das rotas de síntese de clorofilas e compostos heme (MATRINGE et al., 1989).

No mundo, os inibidores da Protox têm sido utilizados rotineiramente para o controle de plantas daninhas há pelo menos duas décadas, contudo, até recentemente, não haviam casos relatados de resistência envolvendo estes herbicidas (LI et al., 2004).

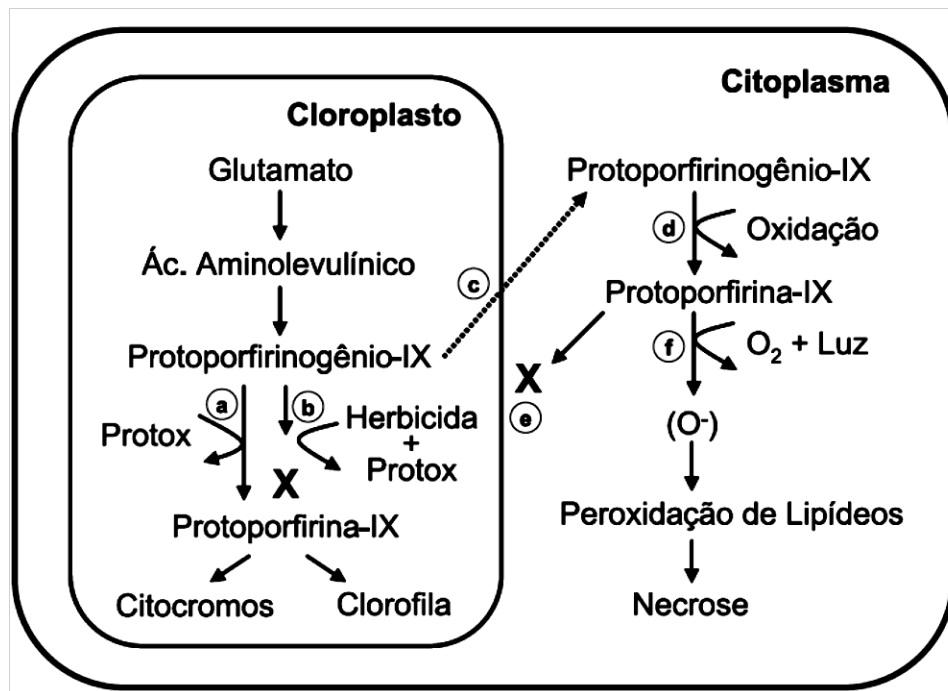


Figura 1. Esquema simplificado do mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (Protox). Detalhes: a. Reação de conversão do protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX; b. Presença do herbicida e inibição competitiva da Protox; c. Difusão do protoporfirinogênio-IX acumulado para fora do citoplasma; d. Oxidação do protoporfirinogênio-IX a protoporfirina-IX; e. Protoporfirina-IX não pode retornar ao cloroplasto; f. Formação de oxigênio 'singlet', peroxidação dos lipídeos e necrose da célula (BECERRIL e DUKE, 1989).

Para Vidal, Merotto Júnior e Fleck, (1999), os herbicidas inibidores de Protox são produtos comumente indicados para auxiliar na prevenção da resistência de outros mecanismos de ação. Contudo, no mundo, já existem três casos confirmados de plantas daninhas resistentes a herbicidas com este mecanismo de ação (*Amaranthus rudis*, *Ambrosia artemisiifolia* e *Euphorbia heterophylla*), sendo que um deles foi identificado em lavouras de soja brasileiras (WEED SCIENCE, 2013).

Pertencente ao grupo dos inibidores da protox, o sulfentrazone é um herbicida fenil-triazolinona, que inibe a protoporphirogene oxidase (DAYAN, WEETE e HANCOCK, 1996). O sulfentrazone, (N - [2,4-dicloro-5- [4-(difluorometil)- 4,5- dihidro-3 metil -5-oxo- 1H - 1,2,4-triazol -1- il] metanosulfonamida), do grupo químico aril triazolinonas, é um herbicida desenvolvido para aplicação preferencialmente em pré-emergência, controlando várias espécies de plantas daninhas infestantes, mono e dicotiledôneas, das culturas da cana-de-açúcar e soja, além do seu uso em pátios industriais (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005). Além de persistente (MELO et al., 2010; MONQUERO et al., 2010), o sulfentrazone é classificado no solo como móvel e tem alto potencial de lixiviação, tanto vertical (para água subterrânea), quanto horizontal (MARTINEZ et al., 2008; PARAÍBA et al., 2003).

Excelentes níveis de controle de plantas daninhas tem sido obtidos com 420 g ha⁻¹ de sulfentrazone aplicado em pré-emergência (HANCOCK, 1992). Em outro estudo, plantas sensíveis foram eficientemente controladas com aplicações foliares de sulfentrazone em pequenas doses como 18 g ha⁻¹ (HANCOCK, 1994). Assim, o sulfentrazone associado ao glyphosate, é um herbicida com potencial para uso como dessecante em áreas de plantio direto, promovendo efeito residual na lavoura (DIRKS et al., 2000).

A fitotoxicidade causada pelo sulfentrazone nas diversas variedades de soja está intimamente relacionada com a rapidez com que o herbicida é metabolizado (ARRUDA, LOPES e BACARIN, 1999). Nas plantas tolerantes ocorre rápida degradação oxidativa do produto, como forma de detoxificação (EL NAGGAR et al., 1992), sendo essa realizada pela enzima peroxidase.

Nas pesquisas de Rodrigues et al. (1999) o sulfentrazone aplicado em pré emergência sobre a matéria seca de palha de aveia provocou sintomas de toxicidade na soja, caracterizados principalmente por redução de altura e clorose.

4. SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS

A seletividade pode ser entendida como a medida de resposta diferencial entre as espécies de plantas a um determinado herbicida (PENCKOWSKI, PODOLAN e LÓPEZ-OVEJERO, 2004). Embora muitas vezes os estudos relacionados à seletividade se restrinjam à avaliação de sintomas visuais, existem produtos que afetam a produtividade da cultura sem demonstrar sintomas visuais e outros que, por sua vez, provocam injúrias acentuadas, mas que permitem a cultura manifestar plenamente seu potencial produtivo (SBCPD, 1995).

Segundo Carvalho e López-Ovejero (2008) em geral, a tolerância natural de espécies vegetais aos herbicidas inibidores da Protox está relacionada com o rápido metabolismo do herbicida nas plantas (comumente via citocromo P-450 ou conjugação com glutathiona), porém também pode haver menor absorção foliar ou radicular, menor translocação, super-produção ou insensibilidade enzimática e sequestração do herbicida.

Foi observado em cultivares de soja diferentes níveis de tolerância ao sulfentrazone aplicado em pré-emergência da cultura (SWANTEK, SNELLER e OLIVER, 1998; DAYAN et al., 1997). Dayan et al. (1997) não encontraram diferenças na absorção e translocação de ¹⁴C-sulfentrazone, e pequenas diferenças no metabolismo foram observadas até três horas após os tratamentos, comparando cultivares sensíveis e tolerantes. Esses autores relataram que a tolerância está associada à capacidade dos cultivares tolerantes ao herbicida em metabolizar o estresse peroxidativo, potencialmente através de sistemas antioxidantes (FINCKH e KUNERT, 1985). Velini et al. (2005) verificaram que configurações da enzima Protox ou promotores que permitiriam diferentes níveis de expressão podem permitir genótipos que sejam mais tolerantes aos herbicidas que atuam na inibição dessa enzima.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Foram desenvolvidos dois experimentos distintos, sendo o primeiro entre setembro e dezembro de 2012 e o segundo entre março e junho de 2013. Os experimentos foram realizados no viveiro experimental do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – câmpus Machado (21° 41' 54.46"S e 21° 41' 54.46"S a 860 m de altitude).

As mudas de café (*Coffea arabica*), cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, foram adquiridas de viveiro comercial. Para o experimento de 2012 foram utilizadas mudas em estágio fenológico mais avançado, com cerca de 300 dias após semeadura e em média, doze pares de folhas definitivas. Já no experimento de 2013, foram utilizadas mudas com média de sete pares de folhas definitivas com aproximadamente 180 dias após semeadura no dia da aplicação.

Após aquisição, as mudas foram plantadas em vasos de polietileno, com capacidade para 4 litros de substrato. Nos experimentos, foi utilizado solo de textura argilosa (47% de areia, 40% de argila e 13% de silte), coletado no próprio câmpus, cuja composição química está apresentada na Tabela 1. O solo foi previamente corrigido para outras culturas, atendendo as necessidades do cafeeiro (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 1 – Propriedades químicas do solo utilizado no preparo do substrato para enchimento dos vasos. Machado - MG, 2012/13.

Análise química											
p.H	M.O	P	P-rem	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B	CTC	V
	dag/kg		mg/dm ³				cmol _c /dm ³		cmol _c /dm ³		%
6,3	2,6	65,3	32,2	297	3,54	1,6	0	1,7	5,9	7,6	78
Al/CTC	Ca/CTC	K/CTC	Mg/CTC	Ca/Mg	Mg/K	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
											mg/dm ³
0	46,46	9,97	21,26	2,2	2,1	0,8	42	38	11,4	0,42	

Métodos de extração: pH: água; M.O.: S. Sulfurosa; P,K,Cu,Fe,Mn,Zn: Mehlich-I; P-rem: CaCl₂; Ca, Mg, Al: KCl; H+Al: Tampão SMP; B: Água Quente.

As plantas foram cultivadas em ausência de estresse hídrico. Após transplante para os vasos, as plantas foram mantidas sob cobertura sombreada (sombrite) com 50% de luminosidade para aclimação e adaptação ao ambiente, durante quinze dias. Após este período, foram transferidas para sol pleno por mais quinze dias.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, considerando-se como bloco pequenas diferenças de porte das mudas. O primeiro experimento, realizado em 2012 foi instalado com 7 repetições e o segundo, desenvolvido em 2013, com 6 repetições, em que cada unidade experimental foi constituída por um vaso, contendo uma muda de café. Foram realizados cinco tratamentos, sendo estes: sulfentrazone a 400, 550 e 700 g ha⁻¹, além de duas testemunhas, sendo a primeira testemunha coletada no dia da aplicação e a outra, coletada ao final, junto com os demais tratamentos.

Foi utilizado pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 2,5 kgf cm⁻², acoplado à barra com um bico do tipo leque 110.02, a uma altura de 0,40 m das plantas, pulverizando-se o equivalente a 200 litros ha⁻¹ de calda. A temperatura, vento e umidade relativa do ar, no momento da aplicação, foram aferidas no início e término do procedimento (Tabela 2). Em todas as aplicações, foi utilizada água deionizada como veículo. As temperaturas máximas e mínimas referentes ao período e local de desenvolvimento dos experimentos estão apresentadas na Figura 1.

Aos 7, 14, 21, 28, 35 e 45 dias após aplicação dos tratamentos (DAT) do experimento de 2012, foram feitas avaliações visual da toxicidade dos herbicidas às plantas de café, atribuindo-se notas percentuais de fitotoxicidade em relação à testemunha (sem aplicação), sendo zero ausência de sintomas e 100, morte das plantas. Para o experimento de 2013, as avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT.

Tabela 2. Dados meteorológicos registrados no momento das aplicações. Machado, 2012/13

Dados Meteorológicos	Ano			
	2012		2013	
Data	29/out		04/jun	
Período	Inicial	Final	Inicial	Final
Horário da aplicação	14:05	14:15	14:35	14:47
Temperatura (° C)	39,0	38,2	26,5	25,4
Umidade relativa do ar (%)	42,0	43,6	70,5	73,0
Velocidade do vento (m/s)	1,0	1,0	0,5	0,0

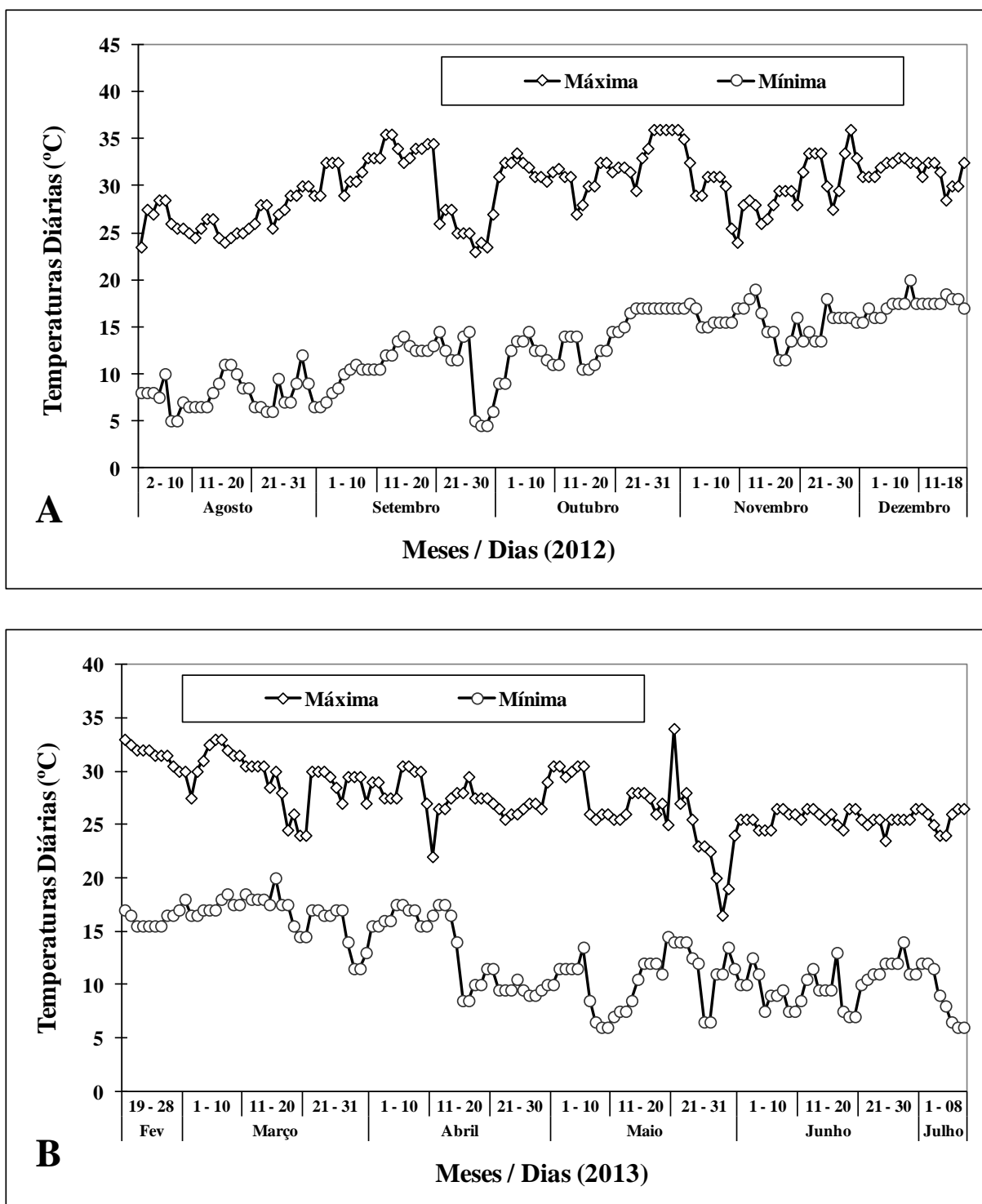


Figura 1. Temperaturas máximas e mínimas diárias para o período e local de desenvolvimento do experimento. A – Segundo semestre de 2012; B – Primeiro semestre de 2013. Machado – MG, 2012/2013

Para validação da pulverização do sulfentrazone, os tratamentos realizados no experimento de 2012 também foram aplicados em plantas daninhas da espécie corda-de-viola (*Ipomoea triloba*) cultivadas em vasos de polietileno de 0,5 litros, preenchidos com substrato comercial (casca de *Pinus* + húmus + vermiculita). Foram realizadas avaliações visuais da toxicidade dos herbicidas às plantas de corda-de-viola (aos 7, 14 e 21 DAT), atribuindo-se notas percentuais de fitotoxicidade em relação à testemunha (sem aplicação), sendo zero ausência de sintomas e 100, morte das plantas. Após a última avaliação, as plantas de corda-de-viola foram colhidas e levadas à estufa de circulação de ar forçado a 70° C até massa constante para determinação de biomassa seca.

Para o cafeeiro, aos 35 e 45 DAT no experimento de 2012, foi avaliado o teor de clorofila das plantas de café com o auxílio do clorofilômetro modelo SPAD 502 (MINOLTA, 1989). No experimento realizado no ano de 2013, estes valores foram observados aos 28 e 35 DAT. Para a avaliação, foram mensurados na superfície do limbo foliar os teores de clorofila, sendo medidos em três folhas velhas e duas folhas jovens por planta. Após esse procedimento, foi realizada a colheita do experimento. Após retirar a parte aérea, cortando-se as plantas rente ao solo, o sistema radicular foi lavado em água corrente, até a total retirada do solo. Em seguida, para determinação da biomassa seca da parte aérea e das raízes, essas partes das plantas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C, até massa constante.

Todos os dados foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância, com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2008). Em seguida, utilizou-se teste de Tukey para comparação dos dados, bem como emprego de regressões polinomiais.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento realizado em 2012

Na Figura 2, estão apresentados os dados de fitotoxicidade do sulfentrazone às mudas de café, em todas as datas de avaliação. Aos 7 DAT, observaram-se baixos níveis de intoxicação, porém divergindo entre os tratamentos. Os sintomas já foram evidentes nesta avaliação e, dentre os blocos sendo mais expressivos nas mudas com estágio fenológico inferior, caracterizados por manchas necróticas nas regiões periféricas da folha, além de pontuações com os mesmos sintomas dispersos na superfície do limbo foliar. O sulfentrazone é inibidor da PROTOX (HESS e WELLER, 2000), o que explica as necroses observadas. Resultados similares foram observados por Ronchi e Silva (2003) em mudas de café, em que o sulfentrazone causou necrose nas folhas mais novas e as que surgiram posteriormente também apresentaram o mesmo sintoma. Aos 14 DAT, foram verificados os maiores valores de fitotoxicidade, porém não ultrapassando 20% de intoxicação.

A partir dos 14 DAT, foi observada queda gradativa nos valores de intoxicação das plantas, mostrando a capacidade das mudas de café em metabolizar a molécula do herbicida (Figura 2). Este fato também foi observado para a biomassa seca do cafeeiro (Tabela 3), em que as plantas submetidas aos tratamentos com 400 e 550 g ha⁻¹, alcançaram maiores valores de biomassa de parte aérea que a testemunha inicial e os tratamentos com 400, 550 700 g ha⁻¹ valores similares à testemunha final, colhida aos 45 DAT.

Quanto aos valores de biomassa do sistema radicular e total, observou-se que os tratamentos com 550 e 700 g ha⁻¹ de sulfentrazone provocaram redução da massa seca quando comparados com a testemunha final (Tabela 3). Esta constatação, possivelmente, foi consequência da pulverização e persistência do sulfentrazone no substrato dos vasos, após aplicação em área total. O sulfentrazone é uma molécula do grupo das fenil-triazolinonas com elevado efeito residual no solo (MELO et al., 2010; MONQUERO et al., 2010).

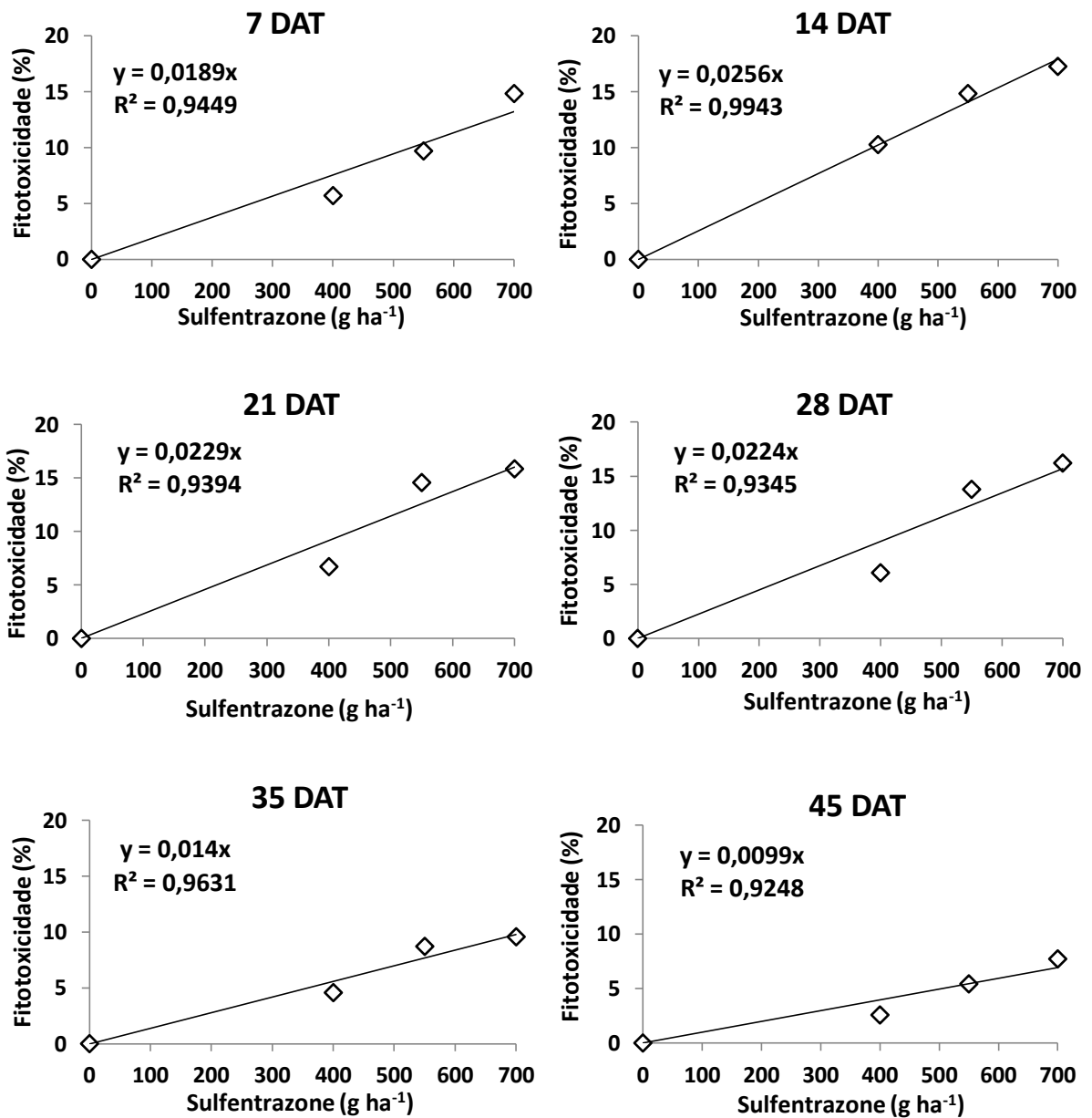


Figura 2. Fitotoxicidade do herbicida sulfentrazone a mudas de *Coffea arabica*, em diferentes datas de avaliação. Machado, 2012.

Tabela 3. Biomassa seca da parte área, sistema radicular e total das mudas de *Coffea arabica*. Machado, 2012.

Tratamento Sulfentrazone (g i.a. ha ⁻¹)	<i>Coffea arabica</i>		
	Parte aérea	Sistema radicular	Total
	Biomassa ¹ (g)		
Testemunha Final	13,92 a	6,59 a	20,51 a
400	13,26 a	5,72 ab	18,99 ab
550	12,25 a	3,68 bc	16,08 bc
700	11,25 ab	3,23 c	14,48 cd
Testemunha inicial	8,29 b	2,34 c	10,63 d
CV (%)	17,28	35,05	16,33
DMS 5%	3,21	2,38	4,15

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$)

O equipamento Minolta SPAD-502, que mede a intensidade da coloração verde das folhas, tem sido utilizado na quantificação de clorofilas, caracterizando-se pela rapidez, simplicidade e, principalmente, por possibilitar uma avaliação não destrutiva do tecido foliar (RAMOS, MONNERAT e PINHO, 2013). Visto que a enzima protox está presente na rota de síntese da clorofila (MEROTTO JÚNIOR e VIDAL, 2001), optou-se por realizar a quantificação do índice SPAD (MINOLTA, 1989) a fim de observar a influência provocada pelo herbicida nos níveis de clorofila da planta.

Conforme observado na Tabela 4, aos 35 DAT, não houve diferença quanto aos valores no índice SPAD. Porém, aos 45 DAT foi constatado na testemunha, valor significativamente menor do que as plantas onde foram aplicados o herbicida. Como citado previamente, um dos sintomas característicos do sulfentrazone é o escurecimento do limbo foliar, possivelmente interferindo na leitura da intensidade de coloração verde das folhas, realizadas pelo o SPAD.

A pulverização de sulfentrazone também foi validada por meio das avaliações de controle da corda-de-viola. Já aos 7 DAT, as três doses do herbicida alcançaram controle superior a 95% (Tabela 5). A partir dos 14 DAT, todas as doses proporcionaram valores de controle superiores a 98%, considerados extremamente satisfatórios. Os elevados índices de controle estão em concordância com os dados de massa seca obtidos para a corda-de-viola (Tabela 5).

Tabela 4. Índice SPAD avaliado no limbo foliar das mudas de *Coffea arabica*, obtidos com auxílio do aparelho Minolta SPAD-502. Machado, 2012

Tratamento (g i.a. ha ⁻¹)	Análise de SPAD	
	35	45
Dias após o tratamento (DAT)		
Testemunha	46,57 a	49,51 b
400	50,91 a	55,28 a
550	51,34 a	53,94 ab
700	50,50 a	54,81 a
CV (%)	6,82	6,18
DMS 5%	5,13	4,98

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Tabela 5. Biomassa da parte aérea e controle percentual do herbicida sulfentrazone em *Ipomoea triloba* em diferentes datas de avaliação. Machado, 2012

Sulfentrazone (g i.a. ha ⁻¹)	Massa seca parte aérea Biomassa ¹ (g)	Fitotoxicidade (%)		
		7 DAT	14 DAT	21 DAT
Testemunha Final	2,34 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
400	0,38 b	97,50 b	97,50 b	98,00 b
550	0,34 b	97,66 b	99,66 b	99,33 b
700	0,23 b	98,33 b	100 b	99,50 b
Testemunha inicial	0,23 b			
CV (%)	33,9	2,92	2,6	1,6
DMS 5%	0,76	3,56	3,21	1,97

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

6.2 Experimento realizado em 2013

Visto que no experimento realizado em 2012, as mudas que mais apresentaram sintomas de fitotoxicidade foram às de estágio fenológico inferior, decidiu-se então, utilizar mudas mais jovens. Foi constatado novamente nas mudas mais jovens, maiores sintomas de fitotoxicidade ao herbicida. Esses efeitos de fitotoxicidade também foram observados por Magalhães et al. (2012) quando aplicado sulfentrazone em área total em mudas de cafeeiro.

Diferente do que foi observado no experimento realizado em 2012, as plantas não recuperaram após os 14 DAT (Figura 4), sendo que, os maiores níveis de intoxicação foram observados aos 35 DAT, próximos a 30% de fitotoxicidade. Nos estudos em campo de Magalhães et al. (2012), observaram picos de fitotoxicidade do herbicida sulfentrazone aos 53 DAT em mudas recém-transplantadas, e aos 36 DAT em mudas com três meses de implantação, elucidando o fato que mudas de café em estágio mais avançado tem maior poder de metabolização deste herbicida. Não foi constatada diferença estatística nos níveis de fitotoxicidade ($p < 0,05$) entre as doses de sulfentrazone em todas as avaliações realizadas nesta parte do estudo.

Em relação aos valores de biomassa total e da parte aérea (Tabela 6), não houve significância quando comparados à testemunha inicial. Fato que possivelmente foi influenciado pela baixa média de temperatura dos meses de março a junho quando comparados aos meses de setembro a dezembro, observado no próprio dia de aplicação (Tabela 2). Nazareno et al. (2003) citam que o crescimento do cafeeiro no sudeste brasileiro é reduzido no período frio e seco e, no período quente e chuvoso, é observado rápido crescimento da planta. Tal sazonalidade do crescimento pode ser influenciada pela amplitude de variação da temperatura do ar (SILVA, 2000; MATTA, AMARAL e RENA, 1999; BARROS et al., 1997; AMARAL, 1991; MOTA, 1988) pela redução da condutância estomática durante o período frio e seco (SILVA, 2000; BARROS et al., 1997; MOTA, 1988) e pela redução do fotoperíodo (AMARAL, 1991).

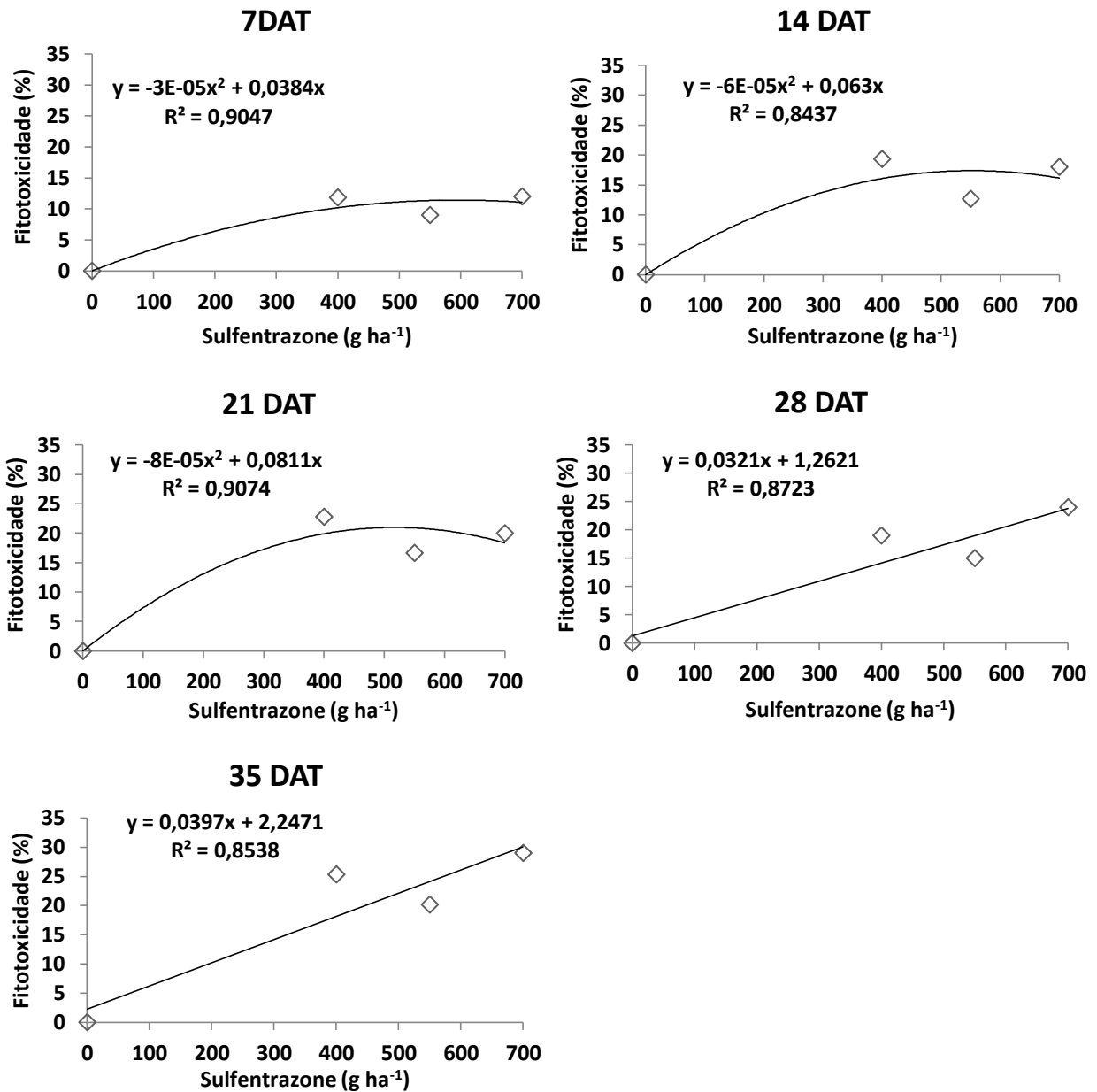


Figura 3. Fitotoxicidade do herbicida sulfentrazone à mudas de *Coffea arabica*, em diferentes datas de avaliação. Machado - MG, 2013

Os valores do índice SPAD foram obtidos aos 28 e 35 DAT (Tabela 7). Apenas os tratamentos com 400 e 550 g ha⁻¹ foi observada diferença aos 28 DAT. Porém, aos 35 DAT, não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 6. Biomassa seca da parte aérea, sistema radicular e massa seca total das mudas de *Coffea arabica*. Machado - MG, 2013

Tratamento Sulfentrazone (g i.a. ha ⁻¹)	<i>Coffea arabica</i>		
	Parte aérea	Sistema Radicular	Total
	Biomassa (g)		
Testemunha	3,72 a	2,57 a	6,29 a
400	2,60 a	2,28 a	4,88 a
550	3,71 a	2,58 a	6,30 a
700	3,13 a	2,50 a	5,64 a
Testemunha inicial	3,24 a	0,85 b	5,15 a
CV (%)	31,04	15,44	20,23
DMS 5%	1,83	0,59	1,97

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0.05)

Tabela 7. Índice SPAD avaliado no limbo foliar das mudas de *Coffea arabica*, obtidos com auxílio do aparelho Minolta SPAD-502. Machado - MG, 2013

Tratamento Sulfentrazone (g ha ⁻¹)	Análise de SPAD	
	28	35
	Dias após o tratamento (DAT)	
Testemunha	52,83 ab	50,23 a
400	56,08 a	54,05 a
550	51,73 ab	50,25 a
700	47,33 b	48,55 a
CV (%)	9,80	15,46
DMS 5%	8,48	13,06

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (p < 0.05)

7. CONCLUSÕES

O estágio fenológico das mudas de café é um fator determinante quanto a seletividade do sulfentrazone. O herbicida possui características seletivas às plantas de café em estágio mais avançado de desenvolvimento, com destaque para a dose de 400 g ha^{-1} , que permitiu crescimento das mudas sem redução de massa seca de raízes. Houve manifestação inicial de sintomas fitotóxicos, porém com recuperação fisiológica das mesmas a partir dos 35 DAT no experimento realizado em 2012.

Os sintomas mais característicos de fitotoxicidade do sulfentrazone foram observados nas mudas de café em plantas mais jovens.

8. REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E. N. Avaliação de herbicidas para cafeeiros em formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** Londrina, PR: SBCPD, 2000a. p. 344.
- ALCÂNTARA, E. N. Avaliação de herbicidas para cafeeiros em formação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos Expandidos..** Brasília, DF: EMBRAPA CAFÉ, 2000b. p. 967-970.
- ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) instalados em Latossolo Roxo distrófico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.1, p 54-51, 2000.
- AMARAL, J. A. T. do. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação de nitrogênio.** 1991. 139 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.
- ARAUJO JUNIOR, C.F. **Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas em lavoura cafeeira.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 132p.
- ARAUJO JUNIOR, C.F. et al . Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 1, p. 23-32, 2008.
- ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 17, n. 4, p. 375-386, 1999.
- BARROS, R. S. et. al. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Research**, v. 54, n. 1, p. 65-72, 1997.
- BECERRIL, J.M.; DUKE, S.O. Protoporphyrin IX content correlates with activity of photobleaching herbicides. **Plant Physiology**, v.90, n. 3, p.1175-1181, 1989.
- CAIXETA, G. Z. T. et al. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. **Informativo Agropecuário**, v. 29, n. 247, p. 14-23, 2008.
- CAMADRO, J.M. et al. Kinetic studies on protoporphyrinogen oxidase inhibition by diphenyl ether herbicides. **Biochemical Journal**, v.277, n. 1, p.17-21, 1991.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v.20, n.1, p.65-68, 2001.

- CARVALHO, A.; MÔNACO, L.C. Natural cross-pollination in *Coffea arabica*. In: INTERNATIONAL HORTICULTURE CONGRESS, Brussels. **Anais...** Brussels: ISHS, v. 4, 1962. p. 447-449.
- CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas aos herbicidas inibidores da protox (Grupo E). In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2008. p. 69-77.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Agrícola Cafeeira 2013 - Primeira Estimativa – Janeiro/2013**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em 11/05/2013.
- DAYAN, F. E. et al. Soybean (*Glycine max*) cultivar differences in response to sulfentrazone. **Weed Science**, v. 45, n. 5, p. 634-641, 1997.
- DAYAN, F. E.; WEETE, J. D.; HANCOCK, H. G. Physiological basis for differential sensitivity to sulfentrazone by sicklepod (*Senna obtusifolia*) and coffee senna (*Cassia occidentalis*). **Weed Science**, v. 44, n. 1, p. 12-17, 1996.
- DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDKE, C. **Physiology of herbicide action**. New Jersey: P T R Prentice-Hall, 1993. 441p.
- DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 2, p. 175-182, 1996.
- DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do Solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. H.V.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa, MG, 2000. p.55-94.
- DIAS, G. F. S.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S. *Brachiaria decumbens* suppresses the initial growth of coffee. **Scientia Agricola**. v. 61, n. 6, p. 579-583, 2004.
- DIAS, M. A. N.; MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M. Vigor de sementes de milho associado à mato-competição. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 93-101, 2010.
- DIRKS, J. T. et al. Reduced rates of sulfentrazone plus chlorimuron and glyphosate in no-till, narrow-row, glyphosate-resistant *Glycine max*. **Weed Science**, v.48, n. 5, p.618–627, 2000.
- EL NAGGAR, S. F. et al. Metabolism of clomazone herbicide in soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 48, p. 880-883, 1992.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, n.1, p.36-41, 2008.
- FIALHO, C. M. T. et al. Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, v. 28, n. especial, p. 969-978, 2010.

FIALHO, C.M.T. et al. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2012.

FINCKH, B. F.; KUNERT, K. J. Vitamin-C and vitamin-E: an antioxidative system against induced lipid peroxidation in higher plants. **Jornal Agricultural and Food Chemistry**, v. 33, n. 4, p. 574-577, 1985.

FRANÇA, A.C. et al. Crescimento de cultivares de café arábica submetidos a doses do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 599-607, 2010.

GOMES FILHO, O. et al. Origem e classificação botânica do cafeeiro. In: RENA A. B. et al. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. 1. ed. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 334.

GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheeltraffic Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. **Soil and Tillage Research**, v.61, n.3/4, p.133-142, 2001.

HANCOCK, H. G. Post-emergent activity of F6285 in soybean. Proc.South. **Weed Science Society**. 1994. p. 47-63.

HANCOCK, H. G. Weed spectrum of F6285 in soybeans. Proc. South. **Weed Science Society**. 1992. p. 45-49.

HESS, F. D.; WELLER, S. C. Inhibitors of protoporphyrinogen oxidase: diphenyl ethers and oxadiazon. In: ROSS, M. A.; CHILDS, D. J. **Herbicide action**. West Lafayette: Purdue University, 2000. p. 225-243.

JACOBS, J.M.; JACOBS, N.J. Porphyrin accumulation and export by isolated barley (*Hordeum vulgare*) plastids. **Plant Physiology**, v.101, n. 4, p.1181-1187, 1993.

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

LI, J. et al. Physiological basis for resistance to diphenyl ether herbicides in common waterhemp (*Amaranthus rudis*). **Weed Science**, v.52, n. 3, p.333-338, 2004.

MAGALHÃES, C.E.O. et al. Seletividade e Controle de Plantas Daninhas com Oxyfluorfen e Sulfentrazone na implantação de Lavoura de Café. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 607-616, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. p. 638.

MARTINEZ, C.O. et al. Degradation of the herbicide sulfentrazone in a Brazilian Typic Hapludox soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 4, p.879-888, 2008.

MATRINGE, M.J. et al. Protoporphyrinogen oxidase as a molecular target for diphenyl ether herbicides. **Biochemistry Journal**, v.260, n. 3, p.231-235, 1989.

MATTA, F. M. da; AMARAL, J. A. T. do; RENA, A. B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. **Field Crops Research**, v. 60, n.3, p. 223-229, 1999.

MELO, C.A.D et al . Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta daninha**, v. 28, n. 4, p. 835-842 , 2010.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da Protox. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: 2001. p.69-86.

MINOLTA. Chlorophyll meter SPAD-502. **Instruction manual**. Osaka, Minolta Company, Japan, 1989. 22p.

MONQUERO, P.A. et al . Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e Imazapic. **Planta daninha**, v. 28, n. 1, p. 185-195, 2010.

MOTA, J. W. S. E. **Fatores associados à queda sazonal do crescimento do cafeeiro arábico em Viçosa MG**. 1988. 68 f. 1988. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

NAZARENO, R. B. et al. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 903-910, 2003.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. et al. Aplicações sequenciais de flumiclorac-pentil para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 115-122, 2006.

OLIVEIRA, J. A.; BEGAZO, J. C. E. Utilização de herbicidas pré-emergentes na cultura do café em formação (*Coffea arabica* L.). **Cafeicultura Moderna**, v. 2, n. 6, p. 20-25, 1989.

PARAÍBA, L.C. et al. Evaluation of soil temperature effect on the herbicide leaching potential into groundwater in the brazilian cerrado. **Chemosphere**, v.53, n. 9, p. 1087-1095, 2003.

PENCKOWSKI, L.H.; PODOLAN, M.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Tolerância de milho tratado com inseticidas a herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 307-313, 2004.

PEZZOPANE, J.R.M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, v.62, n.3, p.499-505, 2003.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed Ecology**: implications for management. v.2. New York: Willey, 1997. p. 589.

RAJCAN, I.; SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, v.71, n. 2, p.139-150, 2001.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R. Leitura SPAD em abacaxizeiro imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 277-281, 2013 .

RETZINGER, E.J.; MALLORY-SMITH, C. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. **Weed Technology**, v.11, n. 23, p.384-393, 1997.

RODRIGUES, B. N. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 445-458, 1999.

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

RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 415-423, 2006.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 2001. 94 p.

RONCHI, C.P.; SILVA, A.A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.421-426, 2003.

SANTOS, G.A. et al. Capacidade de suporte de carga de um latossolo influenciada pelo manejo de plantas invasoras em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, v. 4, n. 2, p. 165-177, 2009.

SANTOS, G. A. et al. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de controle de plantas invasoras, na cultura cafeeira. **Coffee Science**, v. 5, n.2, p. 123-136, 2010.

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

SILVA, A. A. et al. Manejo integrado de plantas daninhas em lavouras de café. In: TOMAZ, M. A. et al. (Eds.). **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: UFES, 2008. p. 251-268.

SILVA, E. A. da. **Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L.**: relações com a fotossíntese em condições de campo. 2000. 31 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

SWANTEK, J. M.; SNELLER, C. H.; OLIVER, L. R. Evaluation of soybean injury from sulfentrazone and inheritance of tolerance. **Weed Science**, v. 46, n. 3, p. 271-277, 1998.

TOLEDO, S. V.; MORAES, M. V.; BARROS, I. Efeito da frequência de capinas na produção do cafeeiro. **Bragantia**, v. 55, n. 2, p. 317-324, 1996.

VELINI, E. D. et al. Eucalyptus ESTs corresponding to the protoporphyrinogen IX oxidase enzyme related to the synthesis of heme, chlorophyll, and to the action of herbicides. **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 3, p.555-561, 2005.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A.; FLECK, N.G. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas de menor risco para desenvolver problemas. In: CURSO DE MANEJO E RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS, 2., Ponta Grossa, 1999. **Anais...** Ponta Grossa: AEACG, 1999. p.68-72.

WEED SCIENCE. **Registers of Protox-resistant weeds**. Disponível em: <http://www.weedscience.org/summary/MOASummary.asp>. Acesso em: 03/07/2013.

YANG, Y. et al. Effects of weed management practices on orchard soil iological and fertility properties in southeastern China. **Soil and Tillage Research**. v.93, n. 1, p.179-185, 2007.