

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

Acácio Gonçalves Netto

**Monitoramento da Suscetibilidade do Capim-Amargoso ao Herbicida
Glyphosate no Sul de Minas Gerais**

**MACHADO - MG
2015**

Acácio Gonçalves Netto

**Monitoramento da Suscetibilidade do Capim-Amargoso ao Herbicida
Glyphosate no Sul de Minas Gerais**

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

Orientador: Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho

**MACHADO - MG
2015**

Acácio Gonçalves Netto

**Monitoramento da Suscetibilidade do Capim-Amargoso ao Herbicida
Glyphosate no Sul de Minas Gerais**

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

Orientador: _____
Saul Jorge Pinto de Carvalho

Membros: _____
Neiva Maria Batista Vieira

Vanderson Rabelo de Paula

**MACHADO - MG
2015**

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, pelo apoio incondicional, à toda minha família e, em especial, a minha esposa e minha filha que sempre estiveram presentes em minha carreira acadêmica, me dando todo apoio e incentivo, lutando pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Saul Jorge Pinto de Carvalho, que antes de mais nada foi um grande amigo e esteve sempre presente na minha vida acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais integrantes do GAPE Matologia do IFSULDEMINAS – Câmpus Machado e ao amigo Yago Dias Goveia pelo constante companheirismo em nossas pesquisas.

Ao IFSULDEMINAS por ceder a estrutura para desenvolver os experimentos e ao CNPq pela concessão de bolsa.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de monitorar a suscetibilidade de populações do capim-amargoso (*D. insularis*) ao herbicida glyphosate dos municípios de Machado, Alpinópolis, Serrania e Divisa Nova – MG, bem como avaliar a contribuição de diferentes adjuvantes na eficácia do herbicida glyphosate para controle da população de menor suscetibilidade. Todo o conjunto de experimentos foi desenvolvido em casa-de-vegetação do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, entre o segundo semestre de 2013 e o primeiro semestre de 2015. No primeiro trabalho, foram avaliadas doze populações de capim-amargoso, cujas sementes foram coletadas em diferentes sistemas de cultivo. A suscetibilidade das populações foi quantificada por meio de curvas de dose-resposta, com a aplicação de seis doses de glyphosate, a saber: 4D, D, 1/4D, 1/16D, 1/64D e ausência do herbicida; nas quais, D é dose recomendada do herbicida, proporcional a 720 g ha⁻¹ de equivalente ácido. Neste primeiro trabalho, os níveis de controle obtidos não caracterizaram casos de resistência, contudo, constatou-se suscetibilidade diferencial das populações, de modo que medidas devem ser tomadas para evitar o agravamento da situação. No segundo trabalho, a população de menor suscetibilidade foi avaliada quanto a utilização de adjuvantes na eficácia do herbicida glyphosate, como sulfato de amônio, ureia e ácido fosfórico, como alternativa à utilização de glyphosate puro. Neste trabalho, os tratamentos foram organizados segundo esquema fatorial 6 x 4, em que seis foram as doses do herbicida glyphosate (Roundup Original®; g e.a. ha⁻¹): 5760; 1440; 360; 90; 22,5 ou ausência de herbicida; e quatro foram os veículos de aplicação, a saber: solução de ureia (U; 5 g L⁻¹), solução de sulfato de amônio (SA; 15 g L⁻¹), solução de ácido fosfórico (0,2% v/v) ou água pura deionizada. As doses do herbicida glyphosate foram semelhantes àsquelas utilizadas no primeiro trabalho sendo o incremento apenas a utilização ou não de adjuvante. Considerando-se a população de menor suscetibilidade ao glyphosate, a eficácia do herbicida foi elevada quando pulverizado com solução de sulfato de amônio ou solução de ureia.

Palavras chave: resistência, *Digitaria insularis*, manejo, adjuvantes, prevenção.

ABSTRACT

This work was developed with the objective of monitoring glyphosate susceptibility of sourgrass (*D. insularis*) populations in the municipalities of Machado, Alpinópolis, Serrania and Divisa Nova - MG, as well as evaluating the contribution of different adjuvants to glyphosate efficacy for controlling the least susceptible population. All the trials were carried out inside greenhouse at the "Instituto Federal do Sul de Minas Gerais", Machado Campus, between the second semester of 2013 and the first semester of 2015. In the first work, twelve populations of sourgrass were evaluated, after collecting seeds in different crop systems. Populations susceptibility was measured throughout rate-response curves, using six rates of glyphosate: 4R, R, 1/4R, 1/16R, 1/64R and herbicide absence; which, R is the glyphosate recommended rate, proportional to 720 g ha⁻¹ of acid equivalent. In this first work, control levels obtained do not characterize resistance cases, however new management measures must be adopted to avoid the pressure of selection and the worsening of the situation. In the second work, the least susceptible population was evaluated about glyphosate application using different adjuvants, like ammonium sulfate, urea and phosphoric acid, as alternatives of applying glyphosate with only water. In this work, treatments were organized according to a factorial scheme 6 x 4, where six were the glyphosate rates (Roundup Original[®]; g a.e. ha⁻¹): 5760; 1440; 360; 90; 22.5 or herbicide absence; and four were the vehicles of application: solution of urea (U; 5 g L⁻¹), solution of ammonium sulfate (AMS; 15 g L⁻¹), solution of phosphoric acid (0,2% v/v) and pure deionized water. Herbicide rates were similar to those used in the first work, once the increment was only the adoption of the adjuvants. Considering the least susceptible population to glyphosate, herbicide efficacy on sourgrass was increased when sprayed with ammonium sulfate or urea solution.

Keywords: resistance, *Digitaria insularis*, management, adjuvants, prevention.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. Manejo de Plantas Daninhas no Cafeeiro	10
2.2. Capim-Amargoso (<i>Digitaria insularis</i>)	10
2.3. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas	11
2.4. O herbicida Glyphosate	11
2.5. Adjuvantes Agrícolas.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Trabalho 1	15
3.2. Trabalho 2	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Trabalho 1	20
4.2. Trabalho 2	24
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das principais discussões acerca do manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas brasileiras ou mundiais é a seleção de biótipos resistentes a herbicidas. A extensão das áreas agrícolas detectadas com a presença de biótipos de plantas daninhas resistentes pode ser considerada de pequena escala quando comparada com a área agrícola total, mas tem aumentado em taxa elevada (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006a).

Ao grupo de indivíduos possuidores de carga genética semelhante e pouco diferenciados da maioria dos indivíduos da espécie dá-se o nome de biótipo (KISSMANN, 1996). A resistência de plantas daninhas a herbicidas é definida como a capacidade inerente e herdável de determinados biótipos, dentro de uma população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição a doses de herbicidas que seriam letais a indivíduos normais (suscetíveis) da mesma espécie (CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Trata-se de um fenômeno natural que ocorre espontaneamente nas populações, não sendo, portanto, o herbicida o agente causador, mas sim selecionador dos indivíduos resistentes que se encontram em baixa frequência inicial (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO e SILVA, 1994; LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006b).

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma planta daninha muito frequente em pastagens, lavouras de café, pomares, beiras de estrada e terreno baldio. É menos comum em solos cultivados com frequência, contudo é uma das mais importantes infestantes de áreas de plantio direto de cereais no sul do país. Vegeta com grande vigor, formando touceiras que florescem praticamente durante todo o verão (LORENZI, 2008).

O primeiro caso relatado sobre um biótipo de *D. insularis* resistente ao glyphosate, veio do Paraguai, no ano de 2006 (HEAP, 2014). O fato de ser uma planta que se pereniza nas áreas agrícolas, produz alta quantidade de sementes, tendo um rápido desenvolvimento vegetativo inicial e não ser palatável ao gado (LORENZI, 2008), associado ao fato das doses de glyphosate terem de aumentar com o crescimento da mesma, é indicativo do risco de desenvolvimento de resistência (DUKE e POWLES, 2008; POWLES e YU, 2010).

No sul de Minas Gerais, ainda não há casos confirmados de resistência de plantas daninhas ao glyphosate, contudo, comumente, o manejo de plantas daninhas em lavouras cafeeiras está fundamentado em repetidas aplicações deste herbicida. Este ambiente é extremamente favorável à seleção de populações de plantas daninhas resistentes, o que deve ser cuidadosamente monitorado.

O glyphosate é o herbicida de maior importância mundial, sendo utilizado por muitos anos no controle de plantas daninhas anuais ou perenes em diversos sistemas de produção (FAIRCLOTH et al., 2001; BLACKSHAW e HARKER, 2002). O aumento na adoção de sistemas de produção conservacionistas (plantio direto) e a maior flexibilidade para aplicação do produto em culturas geneticamente modificadas (transgênicas) resultaram em maior risco de seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas, por consequência da maior pressão de seleção imposta / número de aplicações (NEVE et al., 2003; CHRISTOFFOLETI, 2008).

Já existem novas formulações de glyphosate que foram desenvolvidas para maior afinidade da molécula aos lipídeos, facilitando, assim, sua absorção foliar, sendo menor o tempo necessário sem chuva para o bom funcionamento (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011). Ainda, estudos mostram que a adição de adjuvantes à calda de glyphosate podem melhorar o desempenho do produto, por meio do aumento da cobertura e retenção das gotas nas folhas e, conseqüentemente, da absorção foliar. Esses produtos aumentam a hidratação da cutícula, incrementando a difusão de glyphosate através desta (RUITER e MAINEN, 1996).

A adição de fertilizantes nitrogenados (ureia e sulfato de amônio), ácido fosfórico, ácido bórico e outros produtos comerciais à calda de pulverização do herbicida glyphosate é uma prática conhecida e adotada com bastante frequência, contudo alguns aspectos desta técnica ainda permanecem desconhecidos. Há necessidade de melhores estudos que evidenciem a real necessidade da adição destes produtos, bem como o incremento real proporcionado cada um destes adjuvantes e seus efeitos fisiológicos nas plantas.

Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de monitorar a suscetibilidade de populações do capim-amargoso (*D. insularis*) ao herbicida glyphosate dos municípios de Machado, Alpinópolis, Serrania e Divisa Nova – MG, bem como avaliar a contribuição de diferentes adjuvantes na eficácia do herbicida glyphosate para controle da população de menor suscetibilidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Manejo de Plantas Daninhas no Cafeeiro

As plantas daninhas estão entre os fatores bióticos e podem interferir diretamente no crescimento e na produção das plantas, por competir por recursos essenciais ao crescimento e liberar substâncias alelopáticas e, indiretamente, por atuar como hospedeiras intermediárias de pragas e patógenos (LEITE JUNIOR e MOHAN, 1990).

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 é extremamente sensível e suscetível à competição por nutrientes (RONCHI e SILVA, 2006), luz, água, prejudicando o florescimento, frutificação e, conseqüentemente, a sua produção (ALCÂNTARA e FERREIRA, 2000).

Os sistemas de manejo, como a prática de controle de plantas daninhas, promovem revolvimento do solo e diferenças na composição dos resíduos vegetais, alterando as propriedades biológicas do solo, com reflexos na sua qualidade e, diretamente, na produtividade das culturas (VARGAS e SCHOLLES, 2000). O manejo intensivo de plantas daninhas pode ser realizado por meio de técnicas manuais, mecanizadas e, ou, químicas, comprometendo os custos da produção e podendo levar a perdas de funcionamento do solo, quando conduzido sem preocupação conservacionista ou sem avaliação crítica de seus efeitos sobre as propriedades do solo.

O controle químico, também chamado de capina química, utiliza a aplicação de herbicidas, substâncias químicas aplicadas sobre o solo, evitando o nascimento do mato, ou sobre plantas daninhas, matando-as, para mantê-las controladas. Está prática de controle, isolada ou associada a outros sistemas, vem dominando o uso no controle de plantas daninhas em cafezais (MATIELLO et al., 2010).

2.2. Capim-Amargoso (*Digitaria insularis*)

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma espécie perene, herbácea, entouceirada, ereta, rizomatosa, de colmos estriados, com 50 a 100 cm de altura, nativa de regiões tropicais e subtropicais da América. Propaga-se por sementes e através de curtos rizomas (KISSMANN e GROTH, 1997).

Como existem registros de resistência já instalada em uma área ou região, como constatado por vários autores (NICOLAI et al., 2010; ADEGAS et al., 2010; CARVALHO et al., 2011a), o monitoramento preventivo de novas áreas com práticas de manejo parecidas com as das regiões de incidência, como no caso da cultura do café, torna-se vital para garantia de que não surgirão novos biótipos resistentes.

2.3. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas

A partir de 1996, técnicas de engenharia genética impulsionaram o surgimento de culturas geneticamente modificadas, tolerantes a glyphosate, aumentando ainda mais a sua utilização no mundo (PADGETTE et al., 1996). O glyphosate, que antes da introdução de culturas tolerantes, era aplicado, aproximadamente, uma vez no ano, na época de pré-semeadura das lavouras, após a introdução de culturas modificadas, passou a ser aplicado em frequência mais intensiva, elevando a pressão de seleção exercida pelo herbicida na seleção de plantas resistentes (MOREIRA e CHRISTOFFOLETI, 2008).

No Brasil, os primeiros casos confirmados de seleção de populações com ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas ocorreram em áreas com aplicações sucessivas de herbicidas do grupo dos inibidores da acetolactato sintase (ALS) por meio de biótipos da planta daninha picão-preto (*Bidens pilosa*) (CHRISTOFFOLETI et al., 1996).

A aplicação repetitiva de um mesmo ingrediente ativo ou de produtos com o mesmo mecanismo de ação em culturas sucessivas provoca o desbalanceamento na frequência inicial dos genes, de forma a selecionar os indivíduos resistentes. Segundo Maxwell e Mortimer (1994), considera-se determinada população resistente quando 30% dos seus indivíduos mostram-se resistentes.

2.4. O herbicida Glyphosate

O glyphosate é um herbicida não seletivo, de ação sistêmica, que vem sendo utilizado na agricultura a mais de 20 anos. É o herbicida de maior importância mundial e isso se deve a sua grande versatilidade de uso na agricultura. Desde sua introdução em 1974, a utilização do glyphosate aumenta ano a ano no mundo. Dentre os principais fatores que levam o glyphosate ao posto do herbicida mais utilizado mundialmente, são destacadas características como:

amplo espectro de controle, controlando eficientemente plantas daninhas anuais e perenes; custo relativamente baixo; baixa toxicidade ao homem e rápida degradação no ambiente (PADGETTE et al., 1995).

Uma das mais importantes características do glyphosate é sua rápida translocação das folhas da planta tratada para as raízes, rizomas e meristemas apicais. Esta propriedade sistêmica resulta na eliminação total de espécies daninhas perenes, difíceis de matar, tais como rizomas de *Sorghum halepense*, *Agropyron repens*, *Cirsium arvense*, *Cinodon dactylon*, *Imperata cilindrica* e mesmo *Pueraria lobata* (FRANZ, 1985; GRUYS e SIKORSKI, 1999).

Quando o glyphosate é aplicado sobre as plantas, ocorre, inicialmente, uma rápida penetração, seguida por uma longa fase de lenta penetração, sendo que a duração dessas fases depende de numerosos fatores, incluindo espécie, idade, condições ambientais e concentração do glyphosate e surfactante. O glyphosate é móvel no floema e é rapidamente translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas. Foi sugerido que as cargas negativas da parede celular e do plasmalema repelem o glyphosate, fortemente aniônico. Essa falta de uma forte ligação pode contribuir para o movimento do glyphosate no apoplasto, ou seja, ele apresenta movimentação tanto simplástica como apoplástica (SILVA e SILVA, 2007).

O herbicida pode penetrar na planta através de outras rotas. Turner e Loader (1974) demonstraram que formulações solubilizadas em óleo permitiram ao glyphosate penetrar pela casca de espécies arbóreas. Raízes de cultivos em solução nutritiva contendo glyphosate absorvem o herbicida, que se transloca através da planta (HADERLIE; SLIFE e BUTLER, 1978; GRUYS e SIKORSKI, 1999). Através do simplasto, o glyphosate aplicado nas folhas (fonte) é translocado para as regiões em crescimento no restante da planta (dreno), juntamente com os fotoassimilados (PETERSON; De WILDT e EDGINGTON, 1978).

Os sintomas comuns observados após a aplicação de glyphosate são clorose foliar seguida de necrose. Outros sintomas foliares são: enrugamento ou malformações (especialmente nas áreas de rebrotamento) e necrose de meristema e também de rizomas e estolões de plantas perenes. Em contraste com muitos herbicidas de contato, os sintomas fitotóxicos de danos pelo glyphosate geralmente desenvolvem-se lentamente, com a morte ocorrendo após vários dias e mesmo semanas (7 a 14 dias). Devido ao longo tempo requerido, a estabilidade *in vivo* do glyphosate é uma importante característica que contribui para seus efeitos fitotóxicos irreversíveis. Nas plantas, o glyphosate é muito estável, com pequena degradação detectável ocorrendo em longo período de tempo (GRUYS e SIKORSKI, 1999).

O mecanismo de ação do glyphosate é bastante singular porque ele é o único herbicida capaz de inibir especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs) que catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de três aminoácidos essenciais – triptofano, fenilalanina e tirosina (JAWORSKI, 1972; ZABLOTOWICZ e REDDY, 2004).

2.5. Adjuvantes Agrícolas

Afim de melhorar a absorção e a eficácia do glyphosate, com frequência diferentes produtos são adicionados à calda, com destaque para o sulfato de amônio, ureia, ácido fosfórico e produtos comerciais. Dentre estes, o sulfato de amônio é um dos aditivos iônicos com grande velocidade de penetração na epiderme das folhas (PEDRINHO JÚNIOR et al., 2002).

A adição do sulfato de amônio à calda herbicida altera a morfologia das gotas, atrasando ou prevenindo a cristalização do glyphosate na superfície foliar. Desta forma, tem-se mais tempo para que a molécula atravesse a cutícula (MacISAAC; PAUL e DEVINE, 1991). Ainda, Young et al. (2003) comenta que a acidificação da calda provocada pelo sulfato de amônio permitiria que mais moléculas de glyphosate permanecessem sob a forma não-dissociada, que atravessa a membrana plasmática com maior facilidade. Dentro das células, em função do pH mais alcalino que o meio inter-celular, as moléculas de glyphosate passariam novamente para a forma dissociada, atuando como herbicidas.

Quanto à ureia, Durigan (1993) explica tratar-se de uma substância que possui difusão facilitada, em que as moléculas difusíveis atravessam a plasmalema com baixa energia de ativação. Assim, a ureia necessitaria de apenas 0,5 a 2,0 horas para ser absorvida pela folha, carregando conjuntamente grande parte do herbicida. A ureia também pode romper algumas ligações éster, éter e di-éter da cutina, que aparecem como as "malhas de uma peneira", levando a uma maior absorção de outros elementos que estiverem juntos na mesma calda, em função, obviamente, do aumento do espaço de entrada.

Já o ácido fosfórico é comumente utilizado para a redução do pH da calda de pulverização, tendo várias marcas comerciais disponíveis no mercado (AZEVEDO, 2001). O pH da calda interfere na atividade herbicida, na facilidade de penetração cuticular e na solubilidade das moléculas (McCORMICK, 1990; GREEN e CAHILL, 2003). Para herbicidas ácidos fracos, como é o caso do glyphosate, a redução do pH resulta em melhor

controle, visto que moléculas menos ionizadas atravessam a cutícula e a membrana plasmática com maior facilidade (NALEWAJA e MATYSIAK, 1991). No caso do glyphosate, por exemplo, quando o pH do meio tem valores entre 3,6 e 4,6, a forma predominante de suas moléculas possui duas cargas negativas (COUTINHO e MAZO, 2005), alcançando ponto ótimo de absorção e eficácia. Uma excelente alternativa para acidificação da calda herbicida é a adoção de ácido fosfórico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Trabalho 1

Todo o trabalho foi desenvolvido em casa-de-vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado – MG (21° 40' S; 45° 55' W; 850 m de altitude). No total, foram avaliadas doze populações de capim-amargoso, oriundas de diferentes sistemas de cultivo (aplicações de glyphosate, área urbana e pousio), coletadas nos municípios de Machado, Alpinópolis, Serrania e Divisa Nova - MG. Em cada área, foram coletadas sementes de, no mínimo, 20 plantas por população, em estágio de plena maturidade fisiológica. No momento da coleta, foram anotadas as coordenadas geográficas dos pontos amostrais (Tabela 1).

Tabela 1. Populações amostrais de capim-amargoso, município de coleta, coordenadas geográficas e altitude.

População	Município	Coordenadas Geográficas		Altitude (m)
		Latitude	Longitude	
A	Machado	21° 39' 55"	45° 51' 05"	876
B	Machado	21° 43' 05"	45° 53' 32"	909
C	Machado	21° 40' 15"	45° 55' 03"	849
D	Machado	21° 36' 56"	45° 57' 15"	970
E	Machado	21° 43' 01"	45° 57' 07"	853
F	Machado	21° 40' 53"	45° 55' 49"	859
G	Alpinópolis	20° 47' 58"	46° 21' 39"	790
H	Serrania	21° 34' 31"	46° 08' 50"	955
I	Divisa Nova	21° 33' 20"	46° 10' 54"	825
J	Serrania	21° 29' 28"	46° 03' 03"	870
K	Serrania	21° 29' 36"	46° 02' 59"	882

Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente até o início da instalação do trabalho. Para instalação do experimento, as sementes foram distribuídas em excesso em vasos plásticos comerciais de 4L, preenchidos com proporção de substrato comercial (casca de *Pinus*, turfa e vermiculita) e vermiculita (3:1; v:v). No estágio de duas folhas verdadeiras, as plântulas foram transplantadas para vasos de 1L, preenchidos com a mesma mistura de substrato, devidamente fertilizado, onde permaneceram até o término do experimento, em densidade média de dez plantas por vaso, sem deficiência nutricional ou hídrica.

Por questões operacionais, a análise das diferentes populações foi dividida em duas fases, a primeira realizada no segundo semestre de 2013 e a segunda realizada no primeiro semestre de 2014. A suscetibilidade das populações foi quantificada por meio de curvas de dose-resposta. Para cada população, o delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Sobre cada população, foram aplicadas seis doses do herbicida glyphosate (tratamentos), a saber: 4D, D, 1/4D, 1/16D, 1/64D e ausência do herbicida. Nas quais, D é a dose recomendada do herbicida, proporcional a 720 g ha^{-1} de equivalente ácido.

As pulverizações foram realizadas sobre plantas em estágio de 4-5 folhas / plenamente perfilhadas (populações de A a G - Primeira Fase) e em pré-florescimento (populações de H a K + F - Segunda Fase). Para tanto, foi utilizado pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO_2 , acoplado a barra com duas pontas do tipo TeeJet 110.02, posicionada a 0,50 m dos alvos, com consumo relativo de calda de 200 L ha^{-1} . No momento das aplicações, foram coletados os dados meteorológicos, conforme apresentado na Tabela 2.

Foi avaliado o controle percentual aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA), bem como a massa seca residual aos 28 DAA. Para as avaliações de controle, foi atribuída nota zero no caso da ausência de sintomas e 100% para a morte das plantas. A massa vegetal foi obtida a partir da colheita do material vegetal remanescente nas parcelas, com posterior secagem em estufa a 70°C por 72 horas. A massa seca foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha, considerada 100%.

Tabela 2. Descrição de dia e condições meteorológicas em que foram realizadas as aplicações dos tratamentos herbicidas sobre as populações de capim-amargoso. Machado - MG, 2013

Descrição da Aplicação	Aplicação		
	09/10/2013	24/10/2013	24/03/2014
Horário de Início	15:55 h	09:01 h	15:35 h
Horário de Término	16:02 h	09:13 h	15:50 h
Temperatura Média (°C)	25,6	25,3	29,8
Umidade Relativa (%)	54,1	73,7	50,3
Vento (m/s)	0,1	0,0	0,2
Condição atmosférica	Céu parcialmente encoberto (80%)	Ausência de nuvens	Céu encoberto

A análise dos dados foi realizada por meio da aplicação do teste F na análise da variância. As curvas de dose-resposta foram ajustadas ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico, conforme modelo adaptado por Carvalho et al. (2010):

$$y = \frac{100}{1 + \left(\frac{x}{DL_{50}} \right)^\alpha}$$

Em que: y = porcentagem de controle ou massa seca residual; x = dose do herbicida (g ha^{-1}); DL_{50} é a dose de glyphosate que proporciona 50% de resposta da variável (controle ou redução de massa); e α é a declividade da curva.

O modelo logístico apresenta vantagens uma vez que um dos termos integrantes da equação (DL_{50}) é uma estimativa do valor de C_{50} ou de GR_{50} (CHRISTOFFOLETI, 2002). O C_{50} (control by 50%) e o GR_{50} (growth reduction by 50%) são as doses do herbicida que proporcionam 50% de controle ou de redução de massa da planta daninha, respectivamente (CHRISTOFFOLETI, 2002; CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2004). Visando-se a eficácia agrônômica dos tratamentos, também foi calculado matematicamente DL_{80} , ou seja, a dose de herbicida necessária para controle de 80% da população ou para redução de 80% da massa de matéria seca.

3.2. Trabalho 2

O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Câmpus Machado - MG (21° 40' S; 45° 55' W; 850 m de altitude). Sementes de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), considerada como planta teste, foram coletadas em área urbana de Machado - MG, em 2013 e avaliadas em trabalho anterior (Item 3.1); no qual se constatou baixa suscetibilidade das plantas ao herbicida glyphosate. Os propágulos foram acondicionados em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente, até a instalação dos experimentos. Coleta de novas sementes foi realizada em dezembro de 2014, devido à baixa viabilidade dos propágulos armazenados.

Inicialmente, as sementes de capim-amargoso foram distribuídas para germinar em caixas plásticas com capacidade para 2 L, preenchidas com substrato comercial (casca de Pinus + turfa + vermiculita). Em estágio fenológico de uma folha plenamente expandida, as plântulas foram transplantadas para vasos onde permaneceram até o final do experimento, em população média de seis plantas por vaso. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em que cada parcela constou de um vaso com capacidade para 1,0 L, preenchido com mistura substrato comercial e solo argiloso desestruturado e peneirado, na proporção de 2:3, respectivamente. Todas as parcelas foram fertilizadas com (mg parcela⁻¹): 60 de N, 80 de P₂O₅, 80 de K₂O, 20 de Ca, 3,35 de Mg, 24,1 de S, 0,08 de B, 0,2 de Cu, 0,8 de Fe, 0,4 de Mn, 0,08 de Mo e 0,4 de Zn. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação com irrigação automatizada por aspersão, sem deficiência hídrica.

Os tratamentos foram organizados segundo esquema fatorial 6 x 4, em que seis foram as doses do herbicida glyphosate (Roundup Original[®]; g e.a. ha⁻¹): 5760; 1440; 360; 90; 22,5 ou ausência de herbicida; e quatro foram os veículos de aplicação, a saber: solução de ureia (U; 5 g L⁻¹), solução de sulfato de amônio (SA; 15 g L⁻¹), solução de ácido fosfórico (0,2% v/v) ou água pura. As doses dos adjuvantes foram adaptadas de Carvalho et al. (2010). Os fertilizantes nitrogenados utilizados foram provenientes de fontes convencionalmente utilizadas nas adubações agrícolas, com concentrações de 21 e 45% de nitrogênio no sulfato de amônio e ureia, respectivamente. Utilizou-se ácido fosfórico laboratorial com 85% de pureza. Para o preparo de todas as soluções utilizou-se água deionizada.

As pulverizações foram realizadas sobre plantas em estágio de pleno perfilhamento. Para tanto, foi utilizado pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO₂, acoplado a ponta única do tipo TeeJet 110.02, posicionada a 0,50 m dos alvos, com consumo relativo de

calda de 200 L ha⁻¹. Aos 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA), foi realizada avaliação de controle percentual, bem como a massa seca residual das parcelas, aos 28 DAA.

Para a avaliação de controle, foi atribuída nota zero para plantas com total ausência de sintomas causados pelo herbicida e 100% para a morte das plantas. A massa vegetal foi obtida a partir da colheita da parte aérea do material vegetal remanescente nas parcelas, com posterior secagem em estufa a 70°C por 72 horas. A massa seca foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha sem aplicação, considerada 100%.

Inicialmente, os dados foram analisados por meio da aplicação do teste F na análise da variância, com 5% de significância. Quando significativo, o efeito dos veículos de pulverização foram comparados pelo teste de Tukey, também com 5% de significância. No caso do efeito de doses, considerando-se a variável controle percentual, os dados foram ajustadas ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico, conforme modelo adaptado por Carvalho et al. (2010):

$$y = \frac{100}{\left[1 + \left(\frac{x}{DL_{50}}\right)^\alpha\right]}$$

Em que: y = porcentagem de controle; x = dose do herbicida (g ha⁻¹); DL_{50} é a dose de glyphosate que proporciona 50% de resposta da variável; e α é a declividade da curva.

Para a variável massa seca residual, foi adotado o modelo proposto por Seefeldt, Jensen e Fuerst (1995);

$$y = a + \frac{b}{\left[1 + \left(\frac{x}{c}\right)^d\right]}$$

Em que: y = quantificação da massa; x = dose do herbicida; e a , b , c e d = parâmetros da curva, de modo que a é o limite inferior da curva, b é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, c é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e d é a declividade da curva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Trabalho 1

Aos 14 DAA, identificou-se suscetibilidade diferencial das populações ao herbicida glyphosate, com destaque para a população F (Tabela 3). Para a população F, coletada em Machado - MG, a DL_{50} foi da ordem de 516 g ha^{-1} e a DL_{80} foi superior a 1440 g ha^{-1} , que é a dose máxima recomendada para a espécie (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011). Esta população é oriunda de terreno municipal urbano, mantido sob capina química com o herbicida glyphosate. Ressalta-se que esta observação não se repetiu aos 28 DAA, em que a dose recomendada de glyphosate, entre 720 e 1440 g ha^{-1} , controlou todas as populações de capim-amargoso, em níveis superiores a 80% (Tabela 4).

O herbicida glyphosate age inibindo a 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é enzima responsável pela reação de conversão do shiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato em EPSP e fosfato inorgânico, na rota do ácido shiquímico (GEIGER e FUCHS, 2002). A inibição da EPSPs resulta no acúmulo de ácido shiquímico nas plantas e na redução da biossíntese de aminoácidos aromáticos, como triptofano, tirosina e fenilalanina.

Embora seja comercializado desde a década de 70, o primeiro caso de planta daninha resistente ao glyphosate foi relatado somente em 1996 (PRATLEY et al., 1996). Isto pode ser explicado, principalmente, pelas características bioquímicas da molécula quando presente nas plantas ou no solo, tais como: ausência de atividade residual no solo, presença de múltiplos mecanismos fisiológicos correlacionados com o mecanismo de ação, baixa adaptabilidade ecológica dos indivíduos sobreviventes, baixa frequência inicial de indivíduos resistentes, ausência de outros herbicidas com o mesmo mecanismo de ação e metabolismo limitado pelas plantas (BRADSHAW et al., 1997).

A combinação de fatores como o aumento significativo na utilização do glyphosate, aumento na adoção de sistemas conservacionistas de solo e possibilidade de utilização do glyphosate em qualquer estágio fenológico das culturas transgênicas criou um aumento significativo no risco de aparecimento de plantas daninhas resistentes, isso por consequência do aumento da pressão de seleção exercida pelo herbicida (NEVE et al., 2003).

Tabela 3. Parâmetros estatísticos¹ para o controle do capim-amargoso após aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate, avaliado aos 14 DAA. Machado - MG, 2014

População	Parâmetro Estatístico			
	DL ₅₀	α	DL ₈₀	R ²
Plantas com 4 a 5 folhas / perfilhamento				
A	250,462	-1,801	540,797	0,997
B	263,281	-1,922	541,584	0,997
C	245,943	-1,799	531,494	0,996
D	246,125	-1,561	598,197	0,996
E	215,829	-1,628	505,738	0,998
F	332,578	-1,204	1051,825	0,998
G	356,928	-1,524	886,407	0,997
Plantas em pré-florescimento				
H	283,286	-1,059	1048,921	0,998
I	379,500	-1,043	1433,674	0,994
J	354,417	-1,136	1200,873	0,998
K	317,108	-1,109	1106,860	0,998
F	516,059	-0,847	2651,636	0,991

¹Modelo matemático: $y=100/(1+(x/D_{50})^{\alpha})$; DL₅₀ = dose de ingrediente ativo que promove 50% de controle; α = declividade da curva; R² = coeficiente de determinação; DL₈₀ = dose de ingrediente ativo que promove 80% de controle.

Para a análise da massa seca, novamente a população F foi aquela que necessitou de maiores doses de glyphosate para redução de massa em 80%, em relação à testemunha sem aplicação, da ordem de 1.312 g ha⁻¹ de glyphosate (Tabela 5). Com frequência, o capim-amargoso exige aplicação de doses de glyphosate superiores às recomendadas para adequado controle de outras espécies da família Poaceae. Timossi, Durigan e Leite (2006) observaram que a aplicação de 1440 g ha⁻¹ de glyphosate promoveu controle satisfatório da comunidade infestante, porém, não evitou o rebrote do capim-amargoso.

Tabela 4. Parâmetros estatísticos¹ para o controle do capim-amargoso após aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate, avaliado aos 28 DAA. Machado - MG, 2014

População	Parâmetro Estatístico				
	DL ₅₀	α	DL ₈₀	FR _n	R ²
Plantas com 4 a 5 folhas / perfilhamento					
A	227,460	-3,340	344,479	1,16	0,996
B	224,589	-2,851	365,228	1,14	0,994
C	196,039	-1,970	396,239	1,00	0,993
D	236,279	-4,644	318,469	1,20	0,997
E	207,706	-3,363	313,671	1,06	0,999
F	207,007	-3,120	322,814	1,05	0,999
G	239,123	-3,311	363,461	1,22	0,999
Plantas em pré-florescimento					
H	158,563	-1,423	420,043	1,00	0,994
I	236,914	-1,239	725,295	1,49	0,997
J	198,804	-1,703	448,698	1,25	0,998
K	161,079	-1,547	394,655	1,02	0,997
F	241,089	-1,482	614,364	1,52	0,999

¹Modelo matemático: $y=100/(1+(x/D_{50})^{\alpha})$; DL₅₀ = dose de ingrediente ativo que promove 50% de controle; α = declividade da curva; R² = coeficiente de determinação; DL₈₀ = dose que promove 80% de controle; FR_n = Fator de resistência (DL₅₀ da população *n* / DL₅₀ da população mais suscetível).

Em observações a campo, em áreas onde há uso contínuo de glyphosate, tem-se constatado que plantas originárias de sementes, quando jovens, são controladas pelo herbicida; contudo, quando elas se desenvolvem e formam rizomas, seu controle é ineficiente (MACHADO et al., 2006). Machado et al. (2008) comentam que a maior dificuldade em controlar plantas de capim-amargoso originadas de rizomas pode estar relacionada com a maior espessura na epiderme das faces adaxial e abaxial e maior espessura da lâmina foliar, quando comparadas com plantas provenientes de sementes. Ainda, observaram grande quantidade de amido nos rizomas, que pode dificultar a translocação do glyphosate e permitir rápida rebrota da parte aérea das plantas.

Correia; Leite e Garcia (2010), constataram suscetibilidade diferencial de populações de capim-amargoso ao herbicida glyphosate, o que já evidenciava a seleção de populações desta espécie resistente ao produto. Neste sentido, desde 2011, tem sido divulgados relatos de resistência do capim-amargoso ao herbicida glyphosate (MELO, 2011; CARVALHO et al., 2011b).

Detectou-se suscetibilidade diferencial entre populações de capim-amargoso coletadas nos municípios de Machado, Alpinópolis, Serrania e Divisa Nova - MG, o que indica a existência de pressão de seleção pelo herbicida glyphosate. Contudo, os níveis de controle obtidos até o momento não caracterizam casos de resistência, de modo que medidas devem ser tomadas para evitar o agravamento da situação.

Tabela 5. Parâmetros estatísticos¹ para a massa de matéria seca do capim-amargoso após aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate, avaliada aos 28 DAA. Machado - MG, 2014

População	Parâmetro Estatístico				
	DL ₅₀	α	DL ₈₀	FR _n	R ²
Plantas com 4 a 5 folhas / perfilhamento					
A	301,503	2,453	530,554	2,56	0,986
B	124,585	1,140	420,328	1,06	0,991
C	117,878	1,032	451,673	1,00	0,998
D	233,008	1,320	666,004	1,97	0,993
E	173,739	1,883	362,770	1,47	0,991
F	183,838	1,782	400,213	1,56	0,929
G	193,501	3,002	307,069	1,64	0,996
Plantas em pré-florescimento					
H	140,581	1,034	537,266	1,07	0,983
I	151,965	0,787	884,606	1,16	0,988
J	242,544	0,923	1089,122	1,85	0,983
K	130,798	0,819	710,750	1,00	0,984
F	239,942	0,816	1311,973	1,83	0,995

¹Modelo matemático: $y=100/(1+(x/D_{50})^{\alpha})$; DL₅₀ = dose de ingrediente ativo que promove 50% da redução de massa de matéria seca; α = declividade da curva; DL₈₀ = dose que promove 80% de redução da massa de matéria seca; FR_n = Fator de resistência (DL₅₀ da população *n* / DL₅₀ da população mais suscetível).

4.2. Trabalho 2

Todos os dados foram submetidos à análise da variância. Aos 14 DAA, considerando-se 5% de significância, detectou-se apenas efeito de doses de glyphosate (Figura 1), em que maiores doses provocaram maior controle do capim-amargoso. Aos 28 DAA, detectou-se o efeito de doses do herbicida glyphosate, bem como efeito de veículos de pulverização, para a variável controle e somente efeito de dose de glyphosate para a variável massa de matéria seca. Ainda, o efeito de interação foi identificado na avaliação de controle, realizada aos 28 DAA, o que justificou decomposição fatorial somente desta variável. Assim sendo, na Tabela 6, estão apresentados os parâmetros obtidos para ajuste do controle percentual do capim-amargoso, obtido com o herbicida glyphosate, após adoção de diferentes veículos de pulverização.

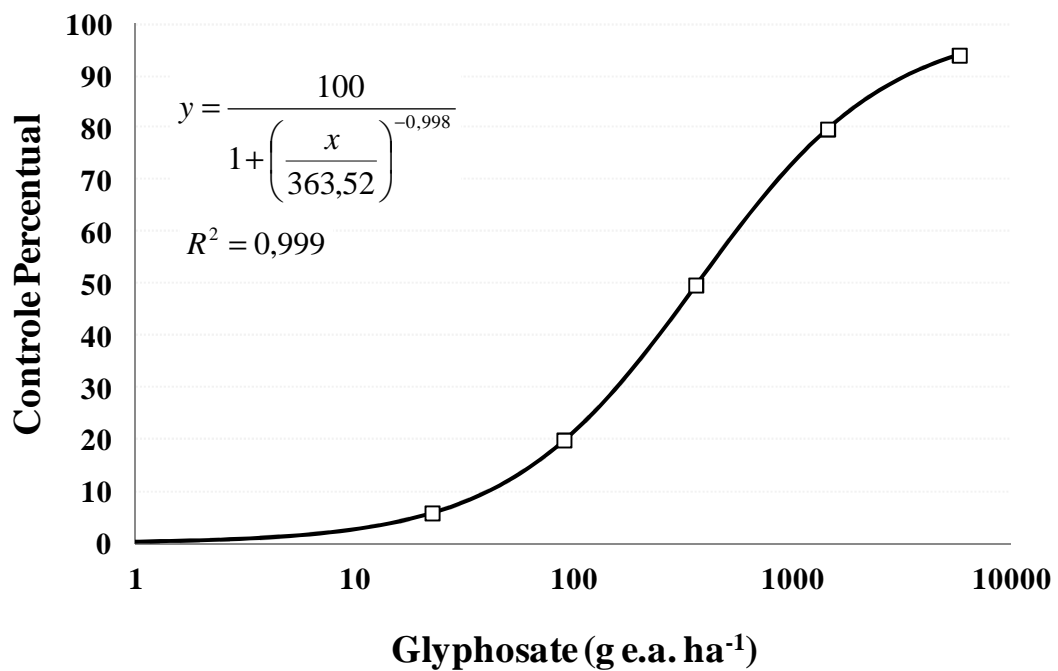


Figura 1. Controle percentual do capim-amargoso proporcionado por aplicação de doses crescentes do herbicida glyphosate, avaliado aos 14 DAA sem diferenciação do veículo de aplicação. Machado, 2015

Tabela 6. Parâmetros para ajuste do controle do capim-amargoso ao modelo logístico¹, avaliado aos 28 DAA, utilizando-se diferentes adjuvantes para aplicação de glyphosate. Machado, 2015

Variável	Adjuvante	Dose	Parâmetros		R ²	DL ₈₀
			DL ₅₀	α		
Controle (%) 28 DAA ²	Água	---	288,45	-1,41	0,993	771,393
	Sulfato de Amônio	15 g L ⁻¹	125,21	-1,71	0,999	281,786
	Ureia	5 g L ⁻¹	178,29	-1,59	0,999	425,670
	Ácido Fosfórico	0,2% v/v	265,35	-1,24	0,991	813,899

¹Modelo: $y = 100/(1+(x/C_{50})^a)$; ²DAA – Dias após aplicação.

Em todos os casos, houve perfeito ajuste dos dados ao modelo experimental do tipo logístico, com valores de R² sempre superiores a 0,99 (Tabela 6). Uma vantagem do modelo logístico, adaptado por Carvalho et al. (2010), é a existência da DL₅₀ no próprio modelo. Claramente, a pulverização de glyphosate com sulfato de amônio foi a opção que necessitou de menor dose do herbicida (125,21 g ha⁻¹) para atingir 50% ou 80% de controle da planta daninha. Como segunda opção, destaca-se a pulverização com ureia, que necessitou de 178 g ha⁻¹ de glyphosate para a obtenção dos mesmos 50% de controle.

Os parâmetros do modelo logístico permitem corrigir a disposição dos pontos, de forma a definir a curva de controle para a espécie (Figura 2). Também na forma gráfica, é possível observar melhor controle do capim-amargoso quando o herbicida glyphosate foi pulverizado com solução de sulfato de amônio ou ureia. A solução com ácido fosfórico não apresentou diferença em relação ao tratamento com adoção de água pura. Para comparação de diferentes controles, perante a mesma dose, foi considerada a diferença mínima significativa (DMS) do teste de Tukey, com 5% de significância.

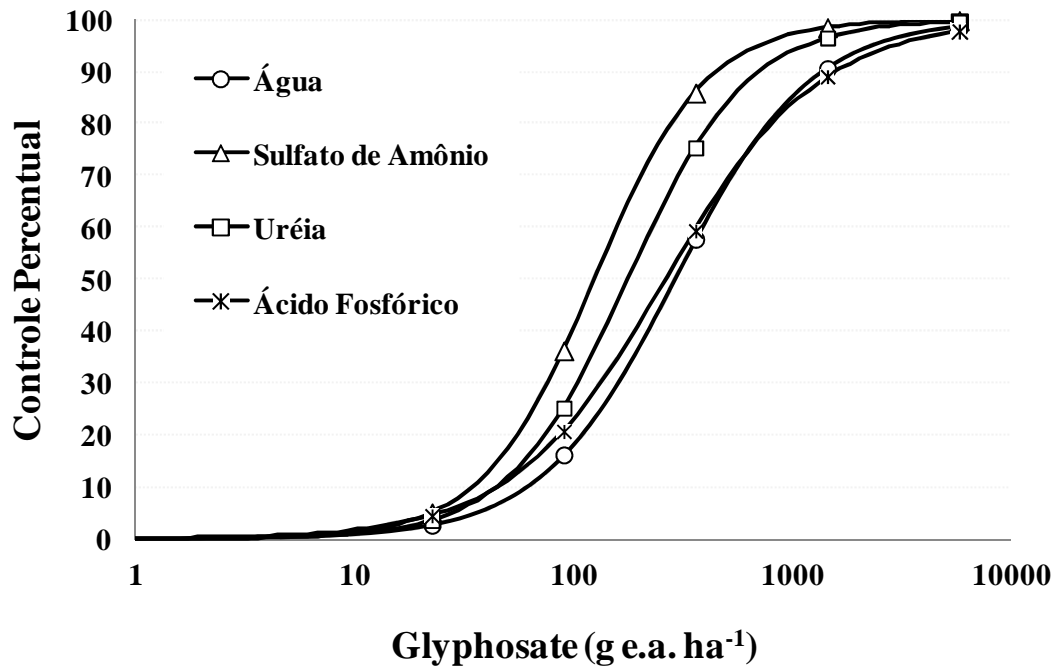


Figura 2. Controle percentual do capim-amargoso (*D. insularis*) quando submetido a diferentes doses do herbicida glyphosate, avaliado aos 28 dias após aplicação (DAA); utilizando como veículo água pura, solução de sulfato de amônio (15 g L⁻¹), solução de ureia (5 g L⁻¹) e solução de ácido fosfórico. $DMS_{\text{Veículos}} = 19,69$. Machado, 2015

Afim de melhorar a absorção e a eficácia do glyphosate, com frequência, diferentes produtos são adicionados à calda, com destaque para o sulfato de amônio, ureia, ácido fosfórico e produtos comerciais. Dentre estes, o sulfato de amônio é um dos aditivos iônicos com grande velocidade de penetração na epiderme das folhas (PEDRINHO JÚNIOR et al., 2002). As principais atividades benéficas reconhecidas do sulfato de amônio têm sido o antagonismo de cátions oriundos de água dura (NALEWAJA e MATYSIAK, 1993; THELEN; JACKSON e PENNER, 1995; GAUVRIT, 2003); formação de sais glyphosate-amônio que possuem maior facilidade de absorção (NALEWAJA; MATYSIAK e FREEMAN, 1992; THELEN; JACKSON e PENNER, 1995); além da acidificação do apoplasto foliar, que facilita a absorção celular de herbicidas ácido fracos (GRONWALD et al., 1993; RUITER e MEINEN, 1996; YOUNG et al., 2003).

Ainda, a adição do sulfato de amônio à calda herbicida altera a morfologia das gotas, atrasando ou prevenindo a cristalização do glyphosate na superfície foliar. Desta forma, tem-se mais tempo para que a molécula atravesse a cutícula (MacISAAC; PAUL e DEVINE, 1991). Young et al. (2003) comentam, também, que a acidificação da calda provocada pelo sulfato de amônio permitiria que mais moléculas de glyphosate permanecessem sob a forma não-dissociada, que atravessa a membrana plasmática com maior facilidade. Dentro das células, em função do pH mais alcalino que o meio inter-celular, as moléculas de glyphosate passariam novamente para a forma dissociada, atuando como herbicidas.

O principal mecanismo de incremento de controle relatado para a ureia diz respeito à contribuição na penetração cuticular, devido à difusão facilitada desta molécula, e ao rompimento de ligações éster, éter e di-éter da cutina (YAMADA; WITTWER e BUKOVAC, 1965; DURIGAN, 1992; WITTE et al., 2002), que aparecem como as "malhas de uma peneira", levando a uma maior absorção de outros elementos que estiverem juntos na mesma calda, em função, obviamente, do aumento do espaço de entrada. Há evidências que a penetração da ureia ocorre com a molécula intacta (YAMADA; WITTWER e BUKOVAC, 1965). No citoplasma das células, em presença de urease, a ureia é rapidamente submetida à conversão por hidrólise, que origina duas moléculas de amônio e consome íons hidrogênio (HINSVARK; WITTWER e TUKEY, 1953; CHEN e CHING, 1988). A hidrólise da ureia contribui para elevação do pH citoplasmático, resultando, inclusive, na possibilidade da perda de nitrogênio na forma de amônia (NIELSEN e SCHJOERRING, 1998; WITTE et al., 2002).

Durigan (1993) explica que a ureia é uma substância que possui difusão facilitada, em que as moléculas difusíveis atravessam a plasmalema com baixa energia de ativação. Assim, a ureia necessitaria de apenas 0,5 a 2,0 horas para ser absorvida pela folha, carregando conjuntamente grande parte do herbicida.

Conforme mencionado anteriormente, não houve efeito de veículo de aplicação (Tabela 7), nem mesmo interação dose x adjuvantes para a variável massa de matéria seca; porém, foi observado efeito isolado de doses de glyphosate. Neste caso, em geral, o herbicida glyphosate reduziu a massa seca do capim-amargoso a medida que sua dose foi aumentada (Figura 3).

Tabela 7. Média da massa de matéria seca do capim-amargoso¹, após dessecação com o herbicida glyphosate utilizando diferentes veículos de pulverização. Machado, 2015

Veículo de Pulverização	Massa Seca Residual Média (g parcela ⁻¹)
Água	5,24
Sulfato de Amônio (15 g L ⁻¹)	4,87
Ureia (5 g L ⁻¹)	4,91
Ácido Fosfórico (0,2% v/v)	5,62
F _(dose)	139,547**
F _(veículo)	1,331 ^{NS}
F _(interação)	1,276 ^{NS}
CV(%)	13,60

¹Dados originais apresentados, porém para análise foram previamente transformados por $\sqrt{x+1}$; Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey com 5% de significância; **Teste F significativo a 1%; ^{NS}Teste F não significativo.

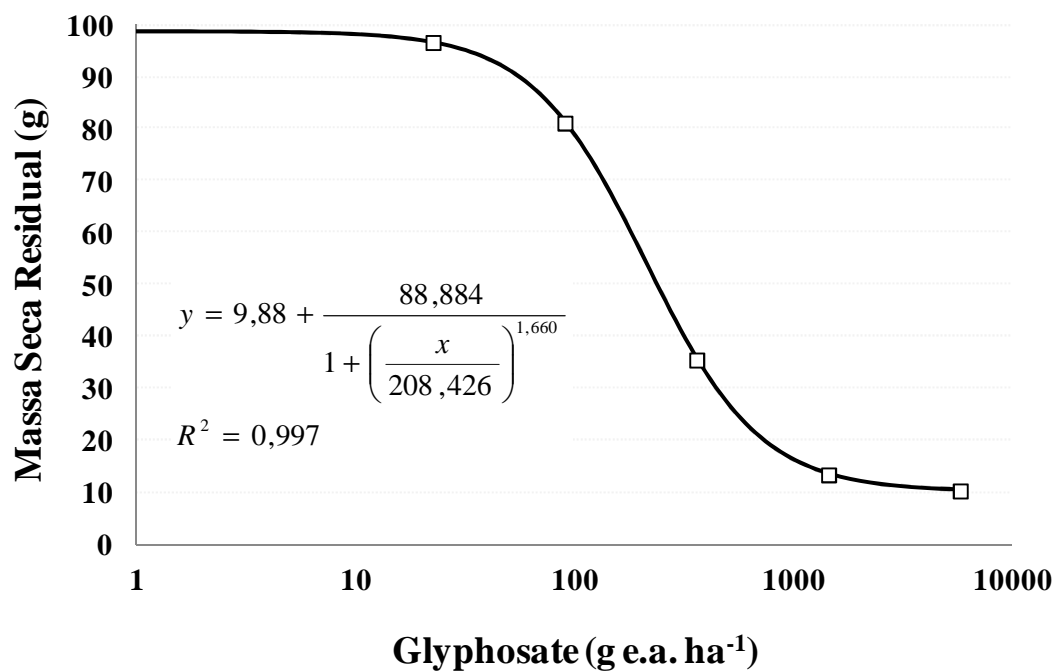


Figura 3. Redução da massa seca do capim-amargoso proporcionada por aplicação de doses crescentes do herbicida glyphosate, sem diferenciação do veículo de aplicação. Machado, 2015

5. CONCLUSÕES

- As doze populações de capim-amargoso testadas foram consideradas suscetíveis ao herbicida glyphosate;
- Detectou-se suscetibilidade diferencial entre populações de capim-amargoso, o que indica a existência de pressão de seleção pelo herbicida glyphosate;
- Os níveis de controle obtidos até o momento não caracterizam casos de resistência, de modo que medidas devem ser tomadas para evitar o agravamento da situação.
- O herbicida glyphosate foi altamente eficaz para controle de capim-amargoso em condição de ambiente protegido, com DL_{50} sempre inferior a 300 g ha^{-1} ;
- A eficácia do herbicida glyphosate foi elevada quando pulverizado com solução de sulfato de amônio ou solução de ureia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. Ribeirão Preto, SP. **Resumos expandidos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. n.162.

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 Agrotécnica**, v.24, n.1, p.54-61, 2000.

AZEVEDO, L. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. São Paulo: EMOPI, 2001. 230p.

BLACKSHAW, R.E.; HARKER, K.N. Selective weed control with glyphosate in glyphosate-resistant spring wheat (*Triticum aestivum*). **Weed Technology**, v.16, n.4, p. 885-892, 2002.

BRADSHAW, L.D.; PADGETTE, S.R.; KIMBALL, S.L.; WELLS, B.H. Perspectives on glyphosate resistance. **Weed Technology**, v.11, n.1, p.189-198, 1997.

CARVALHO, L. B. **Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate**. 118p. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita" Jaboticabal, 2011a.

CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P.L.C.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; DE PRADO, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011b.

CARVALHO, S.J.P.; DIAS, A.C.R.; SHIOMI, G.M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Adição simultânea de sulfato de amônia e ureia à calda de pulverização do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.575-584, 2010.

CHEN, Y.; CHING, T.M. Induction of barley leaf urease. **Plant Physiology**, v.86, n.3, p.941-945, 1988.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores as ALS. **Scientia Agrícola**, v.59, n.3, p.513-519, 2002.

CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. 3.ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistencia de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2008. 120p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistencia de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v.12, n.1, p.13-20, 1994.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; PONCHIO, J.A.R.; BERG, C.V.D.; VICTORIA FILHO, R. Imidazolinone resistant *Bidens pilosa* biotypes in the Brazilian soybean areas. In: MEETING OF THE WSSA, 1996, Norfolk. **Abstracts...** Champaign: WSSA, 1996. p. 10.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507-515, 2003.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ OVEJERO, R. F. Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2.ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004. p. 3-22.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). **Aspectos de resistências de plantas daninhas a herbicidas**. 3ed. Piracicaba: HRAC-BR, p.3-30, 2008.

CORREIA, N.M.; LEITE, G.J.; GARCIA, L.D. Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.769-776, 2010.

COUTINHO, C.F.B.; MAZO, L.H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. **Química Nova**, v.28, n.6, p.1038-1045, 2005.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n.4, p.319–325, 2008.

DURIGAN, J. C. **Efeito de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas**. Jaboticabal, Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1993. 42 p.

DURIGAN, J.C. Efeito de adjuvantes na calda e no estágio de desenvolvimento das plantas, no controle do capim-colonião (*Panicum maximum*) com glyphosate. **Planta Daninha**, v.10, n.1/2, p.39-44, 1992.

FAIRCLOTH, W.H.; PATTERSON, M.G.; MONKS, C.D.; GOODMAN, W.R. Weed management programs for glyphosate-tolerant cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Technology**, v.15, n.3, p.544-551, 2001.

FRANZ, J. E. Discovery, development and chemistry of glyphosate. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Ed.). **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 3-17.

GAUVRIT, C. Glyphosate response to calcium, ethoxylated amine surfactant, and ammonium sulfate. **Weed Technology**, v.17, n.4, p.799-804, 2003.

GEIGER, D. R.; FUCHS, M. A. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K.; HIRAI, K. (Ed.) **Herbicide classes in development**. Berlin: Springer-Verlag, 2002. p.59-85.

GREEN, J.M.; CAHILL, W.R. Enhancing the biological activity of nicosulfuron with pH adjusters. **Weed Technology**, v.17, n.2, p.338-345, 2003.

GRONWALD, J. W ; JOURDAN, S. W. ; WYSE, D. L. ; SOMERS, D. A. ; MAGNUSSON, M. U. Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*Elytrigia repens*) and maize (*Zea mays*) cell suspension cultures. **Weed Science**, v.41, n.3, p.325-334, 1993.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

HADERLIE, L. C.; SLIFE, F. W.; BUTLER, H.S. ^{14}C -glyphosate absorption and translocation in maize (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) seeds and in soybean plants. **Weed Research**, v. 18, p. 269-273, 1978.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: www.weedscience.com. Acesso em: 25 outubro 2014.

HISNVARK, O.N.; WITWER, S.H.; TUKEY, H.B. The metabolism of foliar-applied urea. I. Relative rates of C^{14}O_2 production by certain vegetable plants treated with labeled urea. **Plant Physiology**, v.28, n.1, p.70-76, 1953.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 20, n.6, p. 1195-1198, 1972.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas a herbicidas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1996. 33 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. p. 675-678.

LEITE JÚNIOR, R. P.; MOHAN, S. K. Integrated management of citrus bacterial canker disease caused by *Xanthomonas campestris* pv. citri in the State of Paraná, Brazil. **Crop protection**, v.9, n.1, p.3-7, 1990.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; PENCKOWSKI, L.H.; PODOLAN, M.J.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaries* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura de soja. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.399-406, 2006a.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHOS, S.J.P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J.

Suscetibilidade comparativa de herbicidas pós-emergentes de biótipos de *Digitaria ciliares* resistente e suscetível aos inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.789-796, 2006b.

LORENZI, H.; **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640p.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.641-647, 2006.

MACHADO, A. F. L.; MEIRA, R. M. S.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; FIALHO, C. M. T.; MACHADO, M. S. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.1-8, 2008.

MacISAAC, S.A.; PAUL, R.N.; DEVINE, M.D. A scanning electron microscope study of glyphosate deposits in relation to foliar uptake. **Pesticide Science**, v.31, n.1, p.53-64, 1991.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil**. Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 542p.

MAXWELL, B. D.; MORTIMER, A. M. Selection for herbicide resistance. In: POWLES, S. B.; HOLTUR, J. A. M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: Lewis, 1994. p. 1-26.

McCORMICK, R.W. Effects of CO₂, N₂, air and nitrogen salts on spray solution pH. **Weed Technology**, v.4, n.4, p.910-912, 1990.

MELO, M.S.C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011. Piracicaba: ESALQ, 2011. 73p.

MOREIRA, M. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da EPSPs (Grupo G). In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.) **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2008. p.78-96.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R. Salt antagonism of glyphosate. **Weed Science**, v.39, n.4, p.622-628, 1991.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. **Weed Technology**, v.7, n.2, p.337-342, 1993.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R.; FREEMAN, T.P. Spray droplet residual of glyphosate in various carriers. **Weed Science**, v.40, n.4, p.576-589, 1992.

NEVE, P.; DIGGLE, A.J.; SMITH, F.P.; POWLES, S.B. Simulating evolution of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. II. Past, present and future of glyphosate use in Australian cropping. **Weed Research**, v.43, n.6, p.418-427, 2003.

NIELSEN, K.H.; SCHJOERRING, J.K. Regulation of apoplastic NH_4^+ concentration in leaves of oilseed rape. **Plant Physiology**, v.118, n.4, p.1361-1368, 1998.

NICOLAI, M.; MELO, M. S. C.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Monitoramento de infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glifosato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. Ribeirão Preto. **Resumos Expandidos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 943-946.

PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D.B.; LaVALLEE, B.J.; TINIUS, C.N.; RHODES, W.K.; OTERO, Y.I.; BARRY, G.F.; EICHHOLTZ, D.A.; PESCHKE, V.M.; NIDA, D.L.; TAYLOR, N.B.; KISHORE, G.M. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science**, v.35, n.5, p.1451-1461, 1995.

PADGETTE, S. R.; RE, D. B.; BARRY, G. F.; EICHHOLTZ, D. E.; DELANAY, X.; FUCHS, R. L.; KISHOE, G. M.; FRALEY, R. T. New weed control opportunities: Development of soybeans with a Roundup Ready™ gene. In: DUKE, S. O. (Ed.) **Herbicide-**

resistant crops: agricultural, economic, environmental, regulatory and technological aspects. Boca Raton, FL: CRC Press, 1996. P.53-84.

PEDRINHO JÚNIOR, A. F. F.; PIVA, F. M.; MARTINI, G.; FELICI, G. V.; GURIGAN, J. C. Influência da chuva na eficácia do glyphosate em mistura com adjuvantes na dessecação de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.263-271, 2002.

PETERSON, C. A.; De WILDT, P. P. O.; EDGINGTON, C. V. A rationale for the ambimobile translocation of the nematicide oxyamyl in plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 8, n.1, p. 1-9, 1978.

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

PRATLEY, J.; BAINES, P.; EBERBACH, P.; INCERTI, M.; BROSTER, J. Glyphosate resistance in annual ryegrass. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE GRASSLAND SOCIETY OF NEW SOUTHWALES, 11., WaggaWagga, 1996. **Proceedings...** WaggaWagga: The Grassland Society of New South Wales, 1996. p. 126.

RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S., **Guia de Herbicidas**. 6ed. Londrina: Grafmake, 2011. 697p.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.415-423, 2006.

RUITER, H.D.; MEINEN, E. Adjuvant-increased glyphosate uptake by protoplasts isolated from quackgrass *Elytrigia repens* (L.) Nevski. **Weed Science**, v.44, n.1, p.38-45, 1996.

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, S.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed Technology**, v.9, n.2, p.218-227, 1995.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 367p

THELEN, K.D.; JACKSON, E.P.; PENNER, D. The basis for the hard-water antagonism of glyphosate activity. **Weed Science**, v.43, n.4, p.541-548, 1995.

TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Eficácia de glyphosate em plantas de cobertura. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.475-480, 2006.

TURNER, D. J.; LOADER, M. P. C. Studies with solubilized herbicide formulations. In: BRITISH WEED CONTROL CONFERENCE, 12., 1974, Brington. **Proceedings...** London, 1974. p. 177-184.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.1, p.35-42, 2000.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate and *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 825-831, 2004.

WITTE, C.P. ; TILLER, S. A. ; TAYLOR, M. A. ; DAVIES, H. V. Leaf urea metabolism in potato. Urease activity profile and patterns of recovery and distribution of ¹⁵N after foliar urea application in wild-type and urease-antisense transgenics. **Plant Physiology**, v.128, n.3, p.1129-1136, 2002.

YAMADA, Y.; WITTWER, S.H.; BUKOVAC, M.J. Penetration of organic compounds through isolated cuticular membranes with special reference to C¹⁴ urea. **Plant Physiol.**, v.40, n.1, p.170-175, 1965.

YANG, Y.; WANG, H.; TANG, J.; CHEN, X. Effects of weed management practices on orchard soil biological and fertility properties in southeastern China. **Soil Tillage Research**, v.93, n.1, p.179-185, 2007.

YOUNG, B. G.; KNEPP, A. W.; WAX, L. M.; HART, S. E. Glyphosate translocation in common lambsquarters (*Chenopodium album*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in response to ammonium sulfate. **Weed Science**, v.51, n.2, p.151-156, 2003.