



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**EFEITO DE SUBDOSES DOS HERBICIDAS
SULFOSATE E 2,4-D, SIMULANDO DERIVA
SOBRE A CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)**

ADENILSON HENRIQUE GONÇALVES

2002

ADENILSON HENRIQUE GONÇALVES

**EFEITO DE SUBDOSES DOS HERBICIDAS SULFOSATE
E 2,4-D, SIMULANDO DERIVA SOBRE A CULTURA DO
MILHO (*Zea mays* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. PhD. João Baptista da Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Gonçalves, Adenilson Henrique

Efeito de subdoses dos herbicidas sulfosate e 2,4-D, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.) / Adenilson Henrique Gonçalves. -- Lavras : UFLA, 2002.

101 p. : il.

Orientador: João Baptista da Silva.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Herbicida. 2. Deriva. 3. Atividade enzimática. 4. EPSPs. 5. Fitotoxicidade. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-632.954

-633.159954

ADENILSON HENRIQUE GONÇALVES

**EFEITO DE SUBDOSES DOS HERBICIDAS SULFOSATE
E 2,4-D, SIMULANDO DERIVA SOBRE A CULTURA DO
MILHO (*Zea mays* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, Área de Concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 16 janeiro de 2002

Prof. PhD. Itamar Ferreira de Souza

UFLA

Prof. Dr. João Batista Donizeti Corrêa

UFLA

Pesquisador Dr. Antônio Álvaro C. Purcino

EMBRAPA/CNPMS

Pesquisador Dr. Elifas Nunes de Alcântara

EPAMIG


PhD. João Batista da Silva
SMAMADS/Sete Lagoas
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao pesquisador Dr. João Baptista da Silva, pela orientação, atenção e amizade durante a elaboração deste trabalho.

Ao professor Dr. Itamar Ferreira de Souza, pelos ensinamentos, críticas e amizade.

Ao Dr. Antônio Álvaro Corsetti Purcino, do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), pela oportunidade de realização da condução de parte do trabalho de tese.

Ao professor de estatística Daniel Furtado Ferreira, pela valiosa colaboração das análises estatísticas.

Ao professor Giuseppe Forlani do Departamento de Genética e Microbiologia, da Universidade de Pavia, Itália, pelas sugestões e pelo fornecimento do produto S3P, crucial para as análises em laboratório.

Aos demais componentes da Banca, pelas sugestões e contribuições para a melhoria desse trabalho.

Aos funcionários do setor do Núcleo de Biologia Aplicada do CNPMS, que contribuíram para realização deste trabalho: Bira, Kátia, Anne Cibelli, Renato e Edna, pela amizade, atenção e colaboração durante a condução das análises de laboratório.

Ao meu grande amigo do curso de pós-graduação Neimar de Freitas Duarte, pela amizade e incentivo sempre presentes.

Aos colegas e amigos: Ivan, Paulo Alexandre, Ernílio, Danilo, Cláudio, Renata, Lúcia Albert, Núbia, Luis Wagner e Oscar, pela amizade e companheirismo.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1. Importância das plantas daninhas.....	04
2.2. Controle químico de plantas daninhas.....	05
2.3. Mistura de herbicidas.....	07
2.4. Deriva.....	10
2.4.1. Estudo de deriva simulada.....	16
2.4.2. Deriva simulada e estádios de crescimento.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 O herbicida Sulfosate.....	26
3.1.2. Características gerais.....	26
3.1.3. Indicações de uso.....	27
3.1.4 Comportamento na planta.....	28
3.2. O herbicida 2,4-D.....	28
3.2.1. Características gerais.....	28
3.2.2. Indicações de uso.....	29
3.2.3 Comportamento na planta.....	29
3.3. Local e épocas de condução dos experimentos.....	30
3.4. Experimentos de campo.....	30
3.4.1. Caracterização do ambiente.....	30
3.4.2. Condução dos experimentos de campo.....	34
3.4.3. Delineamento e parcelas experimentais.....	36
3.4.4. Tratamentos.....	36
3.4.5. Aplicação dos herbicidas.....	37
3.4.6. Avaliações realizadas.....	38
3.5. Experimento de laboratório e em casa de vegetação.....	39

3.5.1. Ensaio teste para avaliação do tempo de absorção do herbicida sulfosate.....	40
3.5.2. Parâmetro avaliado do ensaio teste.....	40
3.5.3. Avaliação da inibição da EPSPs e análise de fitotoxicidade.....	41
3.6. Metodologia laboratorial.....	42
3.6.1. Atividade enzimática em função da coloração da reação.....	43
3.7. Procedimentos estatísticos.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1. Avaliação da aplicação dos herbicidas nos estádios fenológicos 1, 4 e 6 da cultura do milho; primeiro ano.....	45
4.2. Avaliação da aplicação dos herbicidas nos estádios fenológicos 1, 4 e 6 da cultura do milho; segundo ano.....	59
4.3. Ensaio em casa de vegetação.....	74
4.3.1. Absorção do sulfosate pelas plantas de milho.....	74
4.3.2. Efeito de subdoses de sulfosate na atividade da EPSPs.....	75
4.3.3. Avaliações visuais de fitotoxicidade das plantas de milho.....	76
5. CONCLUSÕES.....	83
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
7. ANEXOS.....	94

RESUMO

GONÇALVES, A. H., Efeito de subdoses dos herbicidas sulfosate e 2,4-D, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). 2002. 101p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O presente trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos e quantificar os prejuízos causados por subdoses de sulfosate, 2,4-D e sulfosate + 2,4-D, simulando deriva, em três estádios de desenvolvimento da cultura do milho. Também objetivou-se avaliar, por meio de técnicas de laboratório, alterações bioquímicas tais como a inibição da atividade da enzima EPSPs das folhas expostas ao sulfosate, correlacionando-as com as doses aplicadas. Foram conduzidos três ensaios de campo, em dois anos de avaliação. O primeiro ano, de dezembro de 1998 a julho de 1999 e o segundo, de dezembro de 1999 a junho de 2000. No primeiro ano os experimentos foram implantados na fazenda Palmital, pertencente a FAEPE, município de Ijaci, MG, utilizando-se a cultivar Cargill 435. No segundo ano, os dois primeiros experimentos foram conduzidos no mesmo local utilizando-se a mesma cultivar; o terceiro experimento foi conduzido na fazenda Xavier, município de Lavras, utilizando-se a cultivar 3123 Ribeiral. Foram conduzidos ainda mais dois experimentos em casa de vegetação no Núcleo de Biologia Aplicada da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Nos ensaios de campo foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições no esquema fatorial 3 x 6. Para os tratamentos simulando a deriva, foram utilizadas subdoses dos herbicidas, nas concentrações de 0%; 2%; 4%; 8%; 12% e 16 %, da dose usual, ou seja, 1,44 kg ha⁻¹ de sulfosate e 1,209 kg ha⁻¹ de 2,4-D. Foram avaliados os seguintes parâmetros: número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos, além dos sintomas visuais de fitotoxicidade. Os resultados possibilitaram concluir que o uso de sulfosate sozinho foi o mais prejudicial para a cultura do milho e o efeito crescente de dano foi correlacionado com o aumento das doses aplicadas, em todos os tratamentos. A deriva dos herbicidas testados, nos três estádios de desenvolvimento da cultura do milho, foi mais prejudicial na fase de pré-floração. A inibição da atividade da EPSPs, 24 horas após a aplicação, foi de 45,38% quando foram utilizadas 10% da dose usual de sulfosate e os sintomas de fitotoxicidade das plantas de milho foi de 97,98% com a dose de 16% de sulfosate, aos 28 dias após a aplicação do herbicida.

*Comitê Orientador: João Baptista da Silva - SMAMADS (Orientador)
Itamar Ferreira de Souza - UFLA

ABSTRACT

GONÇALVES, A. H., **Sublethal rates of sulfosate, and 2,4-D, simulating herbicide drift on maize (*Zea mays* L.)**. 2002. 101p. Thesis (Doctor in Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. *

The objective of this study was to evaluate the effects and quantify losses of corn crop submitted to sublethal rates of sulfosate, 2,4-D and sulfosate + 2,4-D, simulating herbicide drift on three growth stages, and to study, in greenhouse and laboratory, inhibition activity of EPSPs of corn leaves by sulfosate. Three field trials were carried out each year in the periods from december 1998 to july 1999, and december 1999 to june 2000. The corn Hybrid Cargill 435 was used in the first year for the evaluation of the three stages, on Palmital Farm, Ijaci, MG, Brazil. The same hybrid and place were used in the second year for corn stages 1 (initial stage), and 4 (pré-flowering stage). For stage 6 (milky stage), the triple hybrid 3123 Ribeiral was planted on Xavier Farm, Lavras, MG, Brazil. Two other greenhouse and laboratory trials were carried out at Embrapa's National Maize and Sorghum Research Center (Applied Biology Nucleus), Sete Lagoas, MG, Brazil. in 2001. The experimental designs were randomized blocks with three replications. Rates of sulfosate, 2,4-D and tank mix in the field trials were 0%; 2%; 4%; 8%; 12%; and 16% of normal rates (sulfosate at 1.44 kg/ha and 2,4-D at 1.209 kg/ha), sprayed in the field with a backpack sprayer equipped with a four 110.02 nozzle boom, at 2.75 kg/cm² of pressure. It was recorded data on number of corn plants, plant height, number of ears, ear height on the plant, ear weight, grain yield, and weight of 1,000 grains. It was also recorded injury symptoms, and EPSPs activity inhibition. At the pré-flowering stage plants were the mustsensitive to sulfosate and 2,4 -D. EPSPs activity inhibition reached 45.38% by 10% of recommended rate of sulfosate 24 hours after application and the symptoms on corn plants reached 97.98%, 24 days after 16% of sulfosate recommended rate.

*Guidance Committee : João Baptista da Silva - SMAMADS (Major Professor)
Itamar Ferreira de Souza – Professor of Weed Science - UFLA

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays L.*) tem sua provável origem na América do Norte, mais precisamente na região do México, tendo sido domesticado entre 7.000 e 10.000 anos atrás, possuindo elevado potencial produtivo e de alto valor energético (Duarte, 2000). Apresenta-se como um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo e por suas inúmeras aplicações, seja na alimentação humana ou animal. Desempenha relevante papel socioeconômico, além de se constituir em indispensável matéria-prima para diversificados complexos agroindustriais (Fancelli & Dourado Neto, 1996).

O milho é considerado uma das principais culturas agrícolas do mundo. No Brasil, constitui também amplo destaque entre as grandes culturas, considerando-se a área plantada, com produção total de grãos em torno de 34.500.000 toneladas/ano. No ano de 1998, a área colhida de milho no Brasil, foi de 12.051.368 ha, tornando-o terceiro maior país produtor mundial (FAO, 1998). Segundo Silva et al. (1998), a área plantada com milho no Brasil diminuiu um pouco nos últimos anos. Em compensação, ocorreu um aumento da produção, o que pode ser explicado pelo aumento do uso de tecnologia. Entre elas, destaca-se o uso de herbicidas, pois, durante os últimos anos, a utilização desses insumos passou de 5,7% para 22,5% da área plantada.

Embora o milho seja plantado por aproximadamente 60% dos produtores agrícolas brasileiros (Andrade 1992), é também uma cultura passível de sofrer influências de vários fatores, tais como efeitos climáticos, ataque de pragas, doenças e competição por plantas daninhas. Apesar de todos serem fatores em potencial, um dos que mais podem influenciar a produtividade de uma lavoura é a presença de plantas daninhas (Duarte, 2000). Segundo Silva (1983), as plantas daninhas são, indubitavelmente, um dos mais importantes fatores que afetam a economia agrícola, em caráter permanente. O controle de plantas daninhas com herbicidas é uma prática importante na agricultura pois,

além de reduzir o custo de produção e solucionar o problema de escassez de mão-de-obra no meio rural, proporciona controle mais rápido e eficiente, comparado aos procedimentos de capina manual e mecânica (Deuber, 1992; Zoschke, 1994). Porém, para que um herbicida seja utilizado de forma correta e segura, seu uso depende de uma série de fatores que estão ligados à aplicação, ao produto utilizado e às condições climáticas no momento da aplicação.

A deriva do herbicida para áreas não alvo é uma das complicações que podem ocorrer em decorrência das pulverizações, principalmente quando a aplicação é feita sob condições de vento ou outras condições de ambiente que favorecem a sua volatilização e posterior redeposição (Wall, 1994b). De acordo com Magalhães et al. (2001), a aplicação de herbicidas, tanto para a dessecação de culturas como para o controle de plantas daninhas, vem crescendo devido à expansão da fronteira agrícola brasileira. Este fato é responsável pelos riscos de ocorrência de deriva acidental em culturas vizinhas suscetíveis e que as perdas em produtividade são desconhecidas em muitas situações de ocorrência de deriva de herbicidas. Magalhães et al. (2000) também comentam que a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e em pós-emergência dirigida pode causar injúrias às plantas de milho, quando estas são atingidas por produtos não totalmente seletivos. Como esses herbicidas são basicamente bloqueadores de processos metabólicos, surge a dúvida sobre quais serão os efeitos dessas injúrias na produção final de grãos de milho.

De acordo com Alves (1999), a ocorrência da deriva diminui o controle das plantas daninhas, resultando em maiores custos causando sérios prejuízos às espécies não alvo e ao meio ambiente. Produtos como sulfosate ou 2,4-D podem atingir culturas vizinhas a grandes distâncias, devido à deriva, cuja intensidade é determinada principalmente por fatores diversos como condições climáticas e tamanho de gotas. O milho, por ser muito cultivado em grandes áreas e estar

presente na maioria das propriedades agrícolas, pode ser uma das mais afetadas por derivas de herbicidas.

Assim, o presente trabalho teve por objetivos avaliar e quantificar os prejuízos causados por subdoses de sulfosate e 2,4-D, simulando deriva, em três estádios de desenvolvimento da cultura do milho: fase inicial, fase de pré-floração e fase de enchimento de grãos. Além disso, por meio de técnicas de laboratório, avaliar alterações bioquímicas como a inibição da enzima EPSPs (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase) exposta ao sulfosate e os sintomas de fitotoxicidade sobre as plantas de milho, correlacionando-as com as doses aplicadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância das plantas daninhas

As plantas daninhas são um dos fatores de grande importância que interferem na produção agrícola de um país. Segundo Lorenzi (2000), a grande habilidade das plantas daninhas de sobreviverem é atribuída aos seguintes mecanismos desenvolvidos pela natureza: habilidade competitiva, alta produção de sementes, grande agressividade, facilidade de dispersão e grande longevidade das sementes. O mesmo autor cita que as plantas daninhas, além da agricultura, interferem ainda na pecuária, no desenvolvimento agrícola e na saúde humana, causando maiores ou menores transtornos. Porém, é na área agrícola que as plantas daninhas causam maiores danos, chegando a atingir, em média, 30% a 40% de redução da produção agrícola do mundo tropical.

Silva et al (1998) relatam que as plantas daninhas causam enormes prejuízos em relação à qualidade e quantidade de grãos, devido às mesmas apresentarem uma grande agressividade vegetativa e reprodutiva. Esses autores também relatam que, desenvolvendo resistência ao controle exercido pelos herbicidas, as plantas daninhas tornam-se cada vez mais competidoras com a cultura em relação à água, à luz e aos nutrientes. Todavia, os prejuízos proporcionados pelas plantas daninhas não devem ser atribuídos somente à competição exercida por essas plantas sobre as culturas. Eles se devem também a um somatório de fatores, que pode representar efeitos diretos (competição, alelopatia e interferência na colheita) ou indiretos, por meio de hospedagem e transmissão de doenças e pragas (Pitelli, 1985).

Desde há muito tempo, os problemas ocasionados pela presença das plantas daninhas junto às culturas agrícolas, vêm despertando, cada vez mais, o interesse por novas pesquisas que venham a contribuir para um reduzido custo

de controle nas lavouras. A luta do homem contra as plantas daninhas que infestam as lavouras de milho é constante, mesmo porque elas podem aparecer durante todo o ano e seu controle se faz sempre necessário. Como essas plantas são representadas por muitas espécies, emergindo em épocas diferentes, o seu controle pode tornar-se difícil (Silva & Karam, 1995).

2.2 Controle químico de plantas daninhas

Em quase todas as lavouras, o uso de herbicidas constitui uma alternativa para o manejo da comunidade de plantas daninhas presentes no local. Suas principais vantagens são o controle dessas plantas nas linhas de plantio, aliado à rapidez da operação, sem causar injúrias às plantas cultivadas. De modo geral, enquanto o cultivo manual de um hectare requer cerca de 10 homens/dia, a aplicação de um herbicida pode levar menos de 15 minutos/ha (Silva et al. 1998).

O aumento no uso de herbicidas é fruto da crescente escassez de mão-de-obra nas áreas de produção agrícola, da diminuição do custo de produção e também da progressiva tecnificação dos sistemas deste setor (Silva, 1982). O controle químico de plantas daninhas é bastante eficiente e, em regiões onde a oferta de mão-de-obra é pequena, o uso de herbicidas é a única opção para o controle de plantas daninhas em áreas das grandes culturas (EPAMIG, 1982). Rodrigues & Almeida (1998) relatam que os herbicidas devem ser considerados como uma ferramenta a mais à disposição do agricultor, devendo ser utilizado de maneira conjunta com os métodos tradicionais.

O rápido resultado e eficiência de controle, além do efeito mais prolongado, são razões pelas quais os herbicidas são muito utilizados e difundidos. Permitem ainda um controle em pré ou pós-emergência, com menor possibilidade de reinfestação e conseqüente redução do número de cultivos. O

uso de herbicidas exige informações detalhada das plantas daninhas, além do conhecimento sobre as plantas cultivadas, ficando implícito que os herbicidas não devem exercer agressão sobre tais plantas em função de sua seletividade (Deuber, 1992).

Segundo Guimarães (1989), quando se usa herbicida no controle de plantas daninhas, existe o risco de ocorrência de danos a organismos não alvos e à saúde humana. Esse fator assume grande importância quanto ao risco de ocorrência de deriva (Gelmini, 1988).

Um dos grandes problemas reconhecidamente sérios, e que pode acontecer em muitas áreas, é a deriva ou, mesmo, a volatilização de certos herbicidas, podendo resultar em injúrias a plantas “não alvo”, (Hemphill & Montgomery, 1981). Behrens & Lueschen (1979), citados por Chernicky & Slife (1986), afirmam que, no ano de 1974, mais de 250.000 ha de milho em Minnesota, USA, receberam aplicação em pós-emergência de dicamba, o que resultou em 68 casos de injúria em campos adjacentes de soja.

De acordo com Alves (1999), quando o controle químico de plantas daninhas é feito de forma racional, é muito eficaz. Isso se deve ao efeito prolongado de determinados herbicidas e sua rapidez na aplicação, fatos que tornam viável a atividade agropecuária em regiões onde existe falta de mão-de-obra e grandes áreas de plantio. O uso de herbicidas deve estar sempre aliado ao uso de tecnologia de aplicação. Entende-se por tecnologia de aplicação o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a colocação correta do defensivo, biologicamente ativo, no alvo e em quantidades necessárias, de maneira econômica, com o mínimo de contaminação dos alvos que não são visados (Schroder, 1996).

O Forest Pest Management Institute (Campbel & Howard, 1993), entrevistou diversos cientistas do Canadá e Estados Unidos para conhecer o interesse deles por tecnologia de aplicação de herbicidas. O interesse dessa

organização era determinar os rumos da pesquisa sobre esse assunto. Além de pulverizações tratorizadas e aéreas de herbicidas, a pesquisa objetivou ainda conhecer aspectos ligados a determinação, por meio de estudos científicos, de barreiras de proteção, apropriadas ao uso; desenvolvimento de tecnologia para melhor efeito dos ingredientes ativos com menores dosagens; desenvolvimento de tecnologia que permita a obtenção da mesma eficácia com redução de volume de calda; determinação dos tamanho ideal de gota, levando em consideração a deriva; melhoraria da eficiência do herbicida à lavagem por chuva; determinação da influência atmosférica e do vento sobre a deriva de herbicidas; determinação da curva de resposta para impacto ambiental, de acordo com a deposição do herbicida; determinação dos efeitos da umidade relativa e da temperatura sobre a deposição e a deriva; desenvolvimento de pulverizadores capazes de proporcionar um espectro de gotas uniformes, de acordo com a velocidade de um avião; determinação dos efeitos da temperatura e da umidade relativa do ar sobre a deriva.

2.3 Misturas de herbicidas

A mistura de herbicidas em tanque é uma prática muitas vezes realizada por muitos agricultores. Às vezes, essas misturas são realizadas de maneira incorreta, não levando em consideração os efeitos benéficos ou maléficos que podem apresentar. Dessa forma, os resultados não são satisfatórios no que diz respeito ao controle de plantas daninhas. Pois, quando se realizam tais misturas, podem ocorrer efeitos antagônicos, sinérgicos ou aditivos. Na maioria das vezes, esses aspectos não são levados em consideração na hora da aplicação, talvez até mesmo por falta de conhecimento daqueles que trabalham com mistura desses produtos. Assim, diversos trabalhos têm sido realizados com o intuito de avaliar os efeitos de mistura de herbicidas no controle de plantas daninhas.

Um desses trabalhos foi realizado por Culpepper et al. (2001). Esses autores, procurando avaliar os efeitos de 2,4-DB em misturas com glyphosate sobre o controle de Ipomea spp. e capim colchão (*Digitaria sanguinalis*) e os efeitos da injúria sobre a produção da soja (*Glycine max*), constataram que mistura contendo 35 g ha⁻¹ dos herbicidas 2,4-DB mais glyphosate não aumentou o controle dessas invasoras, mas reduziu em 6% a produção da soja. Quando misturou a mesma dose de 2,4-DB com 560 g. ha⁻¹ de glyphosate houve um controle na ordem de 13% a 22% das plantas daninhas em questão. Esses autores observaram também que, quando se utilizou 2,4-DB a 35 g ha⁻¹ com glyphosate a 560, 840 e 1120 g ha⁻¹, o controle foi de 25%, 11% e 7%, respectivamente, com um aumento de 15% na produção da soja.

Souza et al. (2000) avaliaram o efeito de diferentes herbicidas dessecantes, tais como paraquat, glyphosate, sulfosate e glyphosate + 2,4-D sobre três espécies vegetais, aveia preta (*Avena strigosa*), milho (*Pennisetum typhoides*) e capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*). Os autores concluíram que sulfosate e glyphosate, puros ou em misturas com 2,4-D, foram eficientes na dessecação de aveia preta, milho e capim-marmelada. Já o herbicida paraquat não foi eficiente na dessecação do milho e de capim-marmelada, com rebrota destas plantas ocorridas aos 36 dias após a aplicação. A aveia preta foi dessecada eficientemente por todos os herbicidas.

Constantin et al. (2000) trabalharam com cinco diferentes sistemas de manejo do plantio direto para a cultura da soja. Verificando a influência destes sistemas na atuação de herbicidas utilizados após a emergência da soja e das plantas daninhas, como a trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), utilizaram os seguintes sistemas de manejo: M1 = sulfosate e paraquat/diuron + diquat (864 e 300 + 240 g ha⁻¹); M2 = sulfosate + 2,4-D e paraquat/diuron + diquat (864 + 670 e 300 + 240 g ha⁻¹); M3 = sulfosate e paraquat/diuron + diquat (672 e 300 + 240 g ha⁻¹); M4 =

sulfosate + 2,4-D e paraquat/diuron + diquat (672 + 670 e 300 + 240 g ha⁻¹) e M5 = testemunha sem aplicação. Os autores constataram que a antecipação do manejo em condições de estiagem, 40 dias antes da semeadura da soja, permitiu uma redução no uso de herbicidas e um melhor controle de *Commelina benghalensis* e *Brachiaria plantaginea*, enquanto a utilização de 2,4-D proporcionou maior eficácia. Os autores também mencionaram que é possível fazer manejo da *C. benghalensis* sem 2,4-D e obter um controle satisfatório com a seqüência de sulfosate e paraquat/diuron + diquat e que o sistema de manejo foi decisivo na eficácia dos herbicidas aplicados após a emergência da soja.

Foloni et al (1997), avaliaram a eficiência do herbicida sulfosate, aplicado isoladamente ou em misturas com diferentes adjuvantes, comparado ao glyphosate. Ambos foram aplicados em baixo volume de calda, no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L). Os autores concluíram que os herbicidas sulfosate, na formulação comercial Zapp a 2,5; 3,0 e 3,5 L ha⁻¹ e glyphosate, nas formulações Rodeo e Roundup, respectivamente nas doses de 1,85; 2,22; e 2,59 L ha⁻¹, aplicados isolados (exceto Rodeo) e conjuntamente com os adjuvantes Monjante, Silwet e Frigate, propiciaram excelente nível de controle do arroz vermelho. Ainda segundo os autores, os resultados demonstraram também a possibilidade de utilizar tanto o sulfosate como o glyphosate em doses menores que a recomendada. Ainda, a adição dos adjuvantes, principalmente do Monjante, proporcionou maior rapidez no aparecimento dos sintomas de morte do arroz vermelho. Observaram ainda que os herbicidas de manejo, independente da dose aplicada, com ou sem adjuvante, não provocaram qualquer fitotoxicidade aparente, na cultura do arroz.

Na literatura, encontram-se também relatos de antagonismo de determinadas formulações de herbicidas, tais como 2,4-D e glyphosate. Thelen et al. (1995), estudaram o antagonismo entre as formulações éster e amina de 2,4-D com o herbicida glyphosate. Foram utilizadas técnicas, como a de

ressonância magnética nuclear. Os autores observaram que esse antagonismo era devido a uma associação do glyphosate com os componentes orgânicos do 2,4-D na formulação éster.

2.4 Deriva

Ao fazer uma aplicação de um herbicida, o objetivo principal é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo desejado, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, sem afetar o meio ambiente (Durigan, 1989). Normalmente, apenas uma pequena parte do produto aplicado atinge o alvo. Grande parte se perde por várias formas, tais como condições de ventos, e chuvas logo após a aplicação do herbicida, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, entre outras. A deriva é uma das principais formas de perda.

A deriva pode causar muitos danos em culturas susceptíveis quando situadas em áreas adjacentes, mesmo a distâncias consideráveis. A deriva de herbicidas assume papel de grande importância, devido a preocupação e conscientização por parte da população e de ambientalistas em relação à qualidade da água, dos alimentos, saúde humana e de questões ambientais.

Diversos trabalhos têm sido conduzidos para melhorar a eficiência da aplicação, porém, nenhuma das técnicas disponíveis consegue colocar completamente os pesticidas aplicados nas áreas alvos, segundo Bode (1984). O mesmo autor cita ainda que a deriva de herbicidas é complexa, envolvendo a interação de diversos fatores, tais como bicos utilizados, propriedades do líquido pulverizado, condições climáticas e deposição de gotas, entre outros. Essa característica torna difícil prognosticar o grau em que a deriva ocorre. Relata ainda que, quando se usa alta tecnologia de aplicação, é possível conseguir deriva inferior a 2%. De forma generalizada, esta deriva pode ficar em torno de 3% a 5 % do produto aplicado, com aproximadamente metade dela sendo

depositada nos primeiros 15 metros, diminuindo de maneira muito rápida à medida que se aumenta a distância em relação ao local de aplicação. De acordo com Valenti et al. (1995), o uso de bicos anti-deriva pode reduzir a deriva pela metade, sem, no entanto, evitá-la. Afirmam também que cerca de 1% a 8 % do volume do líquido aplicado é depositado fora da faixa de aplicação. Todavia, a deriva é muito influenciada por fatores diversos, como a velocidade do vento, temperatura, umidade e estabilidade do ar.

Ao se fazer uma aplicação de defensivos agrícolas, o ar se apresenta como o primeiro obstáculo que as gotas produzidas pelo equipamento devem atravessar antes de atingir o alvo a que se destinam. Entre as fontes de contaminação da atmosfera com defensivos agrícolas, a pulverização tem grande importância. Isto porque as gotas que perdem peso, ou se extinguem no percurso para o alvo, deixam o ingrediente ativo no ar, como partícula flutuante, que é captada pela corrente aérea e arrastada a regiões distantes onde, posteriormente, vêm se depositar (Durigan, 1989).

Yates et al. (1978) citam que pequenas gotas podem ser transportadas em condições de vento e luminosidade, principalmente em condições de inversão térmica, atingindo áreas agrícolas adjacentes. Quando isso ocorre, é possível observar sintomas de injúrias proporcionados pela deriva de herbicidas a quilômetros de distância do local de aplicação. Russo (1990) assegura que a deriva pode ser um evento único ou múltiplo, quando as plantas são atingidas diversas vezes pelos herbicidas, em parte, devido às correntes de ar que se apresentam de forma circulatória.

Analisando a deriva de 2,4-D éster, Grover et al. (1972) constataram que 3% a 4 % do produto aplicado chegam a atingir as áreas "não-alvo" com deslocamento de gotas pelo vento, enquanto 21% a 25% são desviadas pela volatilização, pois este é um produto altamente volátil.

Lyon & Wilson (1986) citam que o incremento do uso de controle em pós-emergência de plantas daninhas tem aumentado o risco de ocorrência de deriva por arrastamento de gotas e por volatilização, ocasionando severos danos em culturas “não-alvo”.

Auch & Arnold (1978) afirmam que, em casos de ocorrência de deriva, é difícil determinar o efeito sobre a produção de determinada cultura. Isto ocorre porque, além da possível dificuldade de identificação do “agente causal”, que neste caso é o herbicida, existem diferenças de tolerância entre diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Também existe a possibilidade de que os sintomas imediatos de injúrias sejam mínimos e se manifestem somente a longo prazo, o que pode dificultar a correlação entre as injúrias e a deriva, como ocorre com glyphosate (Lange & Schlesselman, 1975, citados por Stasiak et al., 1991).

Em cultivo de espécies florestais, o risco de deriva para plantas cultivadas nas áreas aos arredores torna-se ainda maior, pois grande parte destas aplicações de herbicidas é realizada por aeronaves, estando sujeita ao problema de deriva das gotas pulverizadas (Almeida, 1989; Durigan, 1989).

Avaliando a deriva de glyphosate com equipamento terrestre, avião e helicóptero, Yates et al. (1978), ao aplicarem 4,2 kg de i.a./ha desse herbicida observaram, a 100 metros do local de aplicação, menor taxa de deriva, para o equipamento terrestre (0,01 g de i.a./ha). Para o helicóptero, a taxa foi três vezes superior (chegando a atingir 5 g/ha) e, para o avião, situou-se entre 0,2 e 1,0 g/ha.

O tipo de formulação, relativo aos produtos comerciais é de essencial importância na determinação da qualidade de pulverização. Entretanto, o volume utilizado é dependente de alguns fatores, tais como a qualidade e capacidade do pulverizador, tipo de formulação do herbicida e tipo de solvente utilizado na formulação do herbicida. Como exemplo, podem ser citados os diversos solventes existentes no mercado, cada um com suas características próprias, tais

como tensão de vapor diferenciada, o que propicia maior ou menor volatilização. O princípio ativo dos produtos comerciais também pode ser apresentado sob diversas formas, tais como ésteres ou sais e ácidos. O exemplo antigo no diferencial de deriva, em relação à apresentação do ativo, é o caso do 2,4-D. Como já mencionado, em formulação éster, ele é mais volátil e com maior potencial de deriva, em relação ao produto na sua forma de sal dimetilamina (Alves,1999).

A deriva é potencialmente correlacionada ao tamanho das gotas e está correlacionada ao volume do herbicida e da calda de pulverização, aplicados por unidade de superfície (Matuo, citado por Velloso et al. 1984).

De acordo com Alves (1999), a correta diagnose de uma pulverização agrícola é fundamental para se tomar determinadas decisões visando obter resultados satisfatórios. Dessa maneira, possibilita uma visão aprofundada do processo de geração de partículas, tendo como consequência o melhoramento de novas técnicas ou metodologia de aplicação. Essa diagnose é realizada, na prática, por meio de amostragens que, na maioria das vezes, não é possível ser obtida nos alvos naturais. Dessa forma, utiliza-se alvo artificial, conhecido como coletores (Carvalho, 1995). Valenti et al. (1995), estudando derivas e danos proporcionados às culturas, provocados pela aplicação de herbicidas, por vários bicos de aplicação, relataram a importância no uso de coletores naturais, tal como a superfície foliar.

Al-Khatib et al. (1993b), utilizando coletores artificiais e plantas indicadoras (três níveis de sensibilidade), mostraram dados até mesmo sobre o clima. Tais dados foram utilizados em modelos matemáticos computadorizados, objetivando diagnosticar novas situações de deriva ainda não trabalhadas.

De acordo com Bailey & Kapusta (1993), a cultura da soja apresenta maior fitotoxicidade sob deriva de primisulfuron em relação ao nicosulfuron. Isto ocorre devido à maior dificuldade em metabolizar o primeiro herbicida pela

cultura. Este é o argumento para emprego de alvos biológicos em estudos de deriva.

Quanto ao diâmetro médio, as gotas classificam-se em: aerossol (15 micra), nuvem (30 micra), garoa (200 micra) e chuva leve (500 micra). Gotas com diâmetro próximo a 100 micra são próprias para distribuição de fungicidas e inseticidas, enquanto gotas de 200 a 300 micra são próprias para herbicidas (Velloso et al. 1984).

A densidade de gotas pode ser expressa pelo número de gotas por unidade de área, correspondendo à quantidade de produto ativo depositado sobre o alvo. Ao avaliar-se a qualidade da aplicação de herbicidas, este é um fator importante a ser considerado.

O número de gotas depositadas em determinada área é tanto maior quanto menor for o diâmetro dessa gota. Sartori, citado por Velloso et al. (1984), mostrou que o número de gotas de 20 μ de diâmetro depositada em uma área de 1 cm^2 é da ordem de 11.920 gotas. Portanto, é 1.703 vezes maior do que o número de gotas de 220 μ , para uma área do mesmo tamanho, para o mesmo volume de pulverização (5 L ha^{-1}). Porém, a capacidade alcançada em distância, pela deriva, aumenta com a diminuição do tamanho da gota de pulverização.

Alves (1999), afirma que o tamanho médio da gota irá determinar a densidade de gotas sobre uma superfície, proporcionando uma maior ou menor cobertura do alvo. Durante a aplicação, as gotas percorrem a distância entre a ponta de pulverização e o alvo, em queda livre, sendo que a velocidade de deslocamento é função do peso e do diâmetro dessa gota. Dessa maneira, Rumker et al. (1974), citados por Velloso et al. (1984), afirmam que a perda de defensivo agrícola pela deriva, volatilização e lixiviação, pode chegar a 55%. Assim, a qualidade de aplicação pode ser avaliada em função da densidade e tamanho de gotas, ao longo da faixa de aplicação.

Com a diminuição do tamanho da gota, esta sofre resistência proporcionada pelo ar, devido à diminuição de peso, resultando numa menor velocidade de deslocamento. Por isso, os ventos e as correntes ascendentes de ar transportam estas gotas de menor diâmetro (Velloso et al. 1984).

Quando se realiza uma aplicação com herbicidas, o tamanho da gota, assim como seu peso, causa deslocamento de modo diferente entre elas. Aquelas que apresentam tamanho maior e são mais pesadas permanecem próximas ao local de onde foram geradas, enquanto as menores deslocam-se por distâncias maiores e caem longe do ponto inicial. Zhu et al. (1994) observaram que, exceto em baixas temperaturas (10°C) e alta umidade relativa (100%), gotas de pulverização apresentando tamanho de 50 µ ou menos evaporam totalmente antes de depositar a 50 cm abaixo do ponto de descarga para todas as condições climáticas simuladas.

Souza (1982) relata que injúrias causadas em culturas não alvo, devido à deriva por herbicidas, são freqüentes no mundo todo. Inclusive, existem países que possuem legislações específicas, os quais proíbem o registro ou o emprego de certos produtos ou formulações, como, por exemplo, o 2,4-D éster. Existem estudos que mostram que a deriva de herbicidas pode causar sintomas semelhantes às doenças, estresse ambiental ou deficiência mineral. Muitos laudos de injúrias ou fitotoxicidade proporcionada pela deriva não são atenciosamente averiguados (Al-Khatib et al., 1993a).

Gealy et al. (1995) realizaram um estudo com o objetivo de quantificar as injúrias e a produção das culturas de ervilha (*Pisum sativum* L.) e lentilha (*Lens culinaris* L), utilizando baixas doses de thifensulfuron, tribenuron e 2,4-D em condições de campo e condições de ambiente controlado. Os autores concluíram que condições ambientais, principalmente umidade e temperatura, seguidas por aplicações de thifensulfuron: tribenuron parecem ser mais responsáveis por variações na sintomatologia do que o estágio de crescimento

das culturas. Os sintomas de injúrias provocadas pelos herbicidas foram visualmente detectáveis em níveis substancialmente menores do que aqueles que afetaram a produção final. As plantas de ervilha e lentilha apresentaram uma recuperação no desenvolvimento após a aplicação dos herbicidas. Segundo os autores, isto se deve à habilidade dessas plantas em produzir ramos secundários saudios, rapidamente após serem expostas aos herbicidas.

Jeffrey & English (1981) estudaram os efeitos da aplicação do herbicida glyphosate em doses de 1,7 e 3,4 kg ha⁻¹, na cultura do milho e na fase de maturação de grãos, estando estes com umidade variando entre 55% e 15%. Concluíram os autores que este produto é prejudicial aos grãos, quando aplicado antes que atinjam a 30% de umidade, quando apresentam formação da camada preta. Este fator causa variações nas sementes, provocando anormalidades em suas progênes.

2.4.1 Estudos de deriva simulada

Segundo Bayley & Kapusta (1993), a possibilidade de ocorrência de danos em culturas, tem levado à condução de várias pesquisas envolvendo o conceito de “deriva simulada”, principalmente culturas em que as aplicações são realizadas por meio de equipamento aéreo. De acordo com Schoroeder et al. (1983), culturas como o trevo doce (*Melilotus alba*), girassol (*Helianthus annuus*), algodão (*Gossypium barbadense*), plantas frutíferas e plantas ornamentais já foram avaliadas sob condições de deriva simulada com aplicações de doses não letais do herbicida 2,4-D. Talbert et al. (1994), trabalhando com deriva simulada de quinclorac, observaram sérios danos em algodão, cucurbitáceas e feijão.

Bastiani (1997) realizou trabalho com simulação de chuva, visando identificar efeitos da precipitação pluvial, após a aplicação de nicosulfuron +

atrazine e atrazine + óleo, no controle de espécies infestantes na cultura do milho. O autor mostrou que a primeira mistura possui elevado potencial de uso pela eficiência no controle de poáceas e dicotiledôneas. Estes produtos devem ser aplicados, em plantas daninhas, em estádios mais precoces de desenvolvimento, em que o solo deverá estar com bom nível de umidade e as aplicações devem anteceder, em pelo menos trinta minutos, a ocorrência de chuvas.

Em estudos de deriva simulada, têm-se trabalhado com uma grande variação nas subdoses adotadas pelos autores para os mais diversos herbicidas e culturas. Eberlein & Guttieri (1994), estudando doses de imazamethabenz, imazethapyr e imazapyr pela simulação de deriva sobre a cultura da batata, utilizaram doses de 2%, 10% e 50% da dose normal. Constataram que 50% da dose representaram uma situação de deriva severa, enquanto 2% e 10% representaram taxas de normalmente esperadas com a aplicação de herbicidas por meio de equipamentos terrestres.

O grau de injúria e os sintomas observados são afetados por vários fatores, além do próprio modo de ação do herbicida. Entre eles estão clima, espécie, estágio de desenvolvimento da planta e dose do herbicida, segundo Al-Khatib et al. (1992a). Os mesmos autores afirmam que, os herbicidas podem ser levados até outras culturas por erosão eólica, tendo como base a informação de que mais de 80% dos herbicidas aplicados alcançam áreas não alvo, principalmente o solo.

Henderson & Webber (1993) avaliaram os efeitos de fitotoxicidade de vários herbicidas na cultura do feijão, visando estudar a tolerância da cultura a alguns herbicidas, por meio de aplicações de doses não letais. Constataram que metolachlor e pendimethalin, aplicados em pré e pós-emergência, nas doses de 4 kg ha⁻¹ e 2,7 kg ha⁻¹, respectivamente, não afetaram o desenvolvimento nem o rendimento da cultura. Acifluorfen e diflufenican aplicados três ou quatro

semanas após o plantio, em doses de 0,5 kg ha⁻¹ e 0,2 kg ha⁻¹, respectivamente, também não afetaram o desenvolvimento nem o rendimento da cultura. Porém, os autores observaram efeito significativo em trabalhos preliminares. Aplicações em pós-emergência de cyanazine, metribuzin, prometryn, terbutryn ou oxyfluorfen, nas doses requeridas para o controle de plantas daninhas, proporcionaram a morte total das plantas causando perda total no rendimento da cultura do feijoeiro.

A avaliação da fitotoxicidade pela avaliação visual não constitui uma maneira definitiva. Contudo, na maioria das vezes, sua correlação com fatores de produção é positiva e constitui um bom método de auxílio nas avaliações dos efeitos de deriva de herbicidas. Concordando com esta idéia, Wall (1994 a) assegura que avaliações visuais de fitotoxicidade em culturas até a segunda semana após a ocorrência da deriva, proporcionam estimativas confiáveis sobre o potencial de perdas na produção.

Avaliando o efeito de vários herbicidas, como o chlorsulfuron, tribenuron, thifensulfuron, chlorsulfuron + metsulfuron, thifensulfuron + tribenuron e 2,4-D, em videira (*Vitis vinefera*), Bhatti et al. (1996), observaram que todos os herbicidas prejudicaram visivelmente a videira. Porém, as plantas recuperaram-se dentro de 45 a 60 dias após aplicações únicas de baixas doses destas sulfoniluréias. Doses de 2,4-D, tribenuron e chlorsulfuron + metsulfuron a 1/100 da dose normalmente recomendada desses herbicidas para a cultura do trigo causaram maior grau de injúrias, as quais persistiram ao longo de toda estação de crescimento da videira.

Nessa mesma linha de pesquisa e procurando caracterizar o grau de injúria em videira proporcionado pela deriva simulada de chlorsulfuron, thifensulfuron, 2,4-D, glyphosate, bromoxynil e 2,4-D mais glyphosate, aplicados nas subdoses de 1/100, 1/33 e 1/3 da dose máxima recomendada para a cultura do trigo, Bhatti et al. (1997) concluíram que os sintomas de injúrias mais severos

foram causados por 2,4-D e 2,4-D mais glyphosate. Chlorsulfuron e glyphosate reduziram o crescimento da videira somente quando esses herbicidas foram aplicados em doses mais altas no outono. Os dados mostraram que o potencial de injúrias devido à exposição da videira à deriva de 2,4-D ou a mistura de 2,4 + glyphosate foi maior do que a deriva proveniente das sulfonilúreias.

Wall et al. (1995), estudaram os efeitos de deriva simulada dos herbicidas thifensulfuron e thifensulfuron + tribenuron (2:1) e a influência de adjuvantes misturados com thifensulfuron, em condições de campo e de casa de vegetação, sobre o crescimento e produção de sementes, na cultura de canola (*Brassica napus*). Esses autores observaram que, em casa de vegetação, a canola foi mais sensível ao tribenuron e thifensulfuron + tribenuron (2:1) do que thifensulfuron. Thifensulfuron foi mais prejudicial à canola quando aplicado junto com adjuvante Merge (50% surfactante com 50% hidrocarboneto de petróleo), do que com Agral 90. Em condições de campo, a canola foi mais injuriada quando thifensulfuron foi aplicado com o adjuvante Merge, embora a produção não tenha diferido significativamente entre os adjuvantes. Thifensulfuron e thifensulfuron: tribenuron (2:1), em doses de 0,1 g ha⁻¹, provocaram severas injúrias em canola, retardando o florescimento, reduzindo a germinação de sementes e, conseqüentemente, a produção. Thifensulfuron em doses de 0,1 a 0,15 g ha⁻¹, em mistura com sethoxydim e mais o adjuvante Merge, reduziu a produção de canola em até 60%.

A simulação de deriva em cultura, como a do algodão, apresentou uma ordem de fitotoxicidade relativa aos seguintes herbicidas: propanil > metribuzin > bifenox > oxadiazon > acifluorfen > butalachlor = thiobencarb. Os danos dos herbicidas sobre o algodão foram menores nos estádios entre o desenvolvimento do quinto e do oitavo nó do que no estádio cotiledonar. Os danos foram mais drásticos nas estações chuvosas ou frias, durante a fase inicial de desenvolvimento das plantas. O estande das plantas foi mais reduzido por vários

Extravon e ametryn + Assist (aplicados nos estádios de doze folhas, em jato dirigido) e o seu efeito sobre a produção de grãos. Os resultados demonstraram que, no ano agrícola 94/95 as variáveis de crescimento não foram afetadas pelos herbicidas. No ano seguinte, o melhor desenvolvimento das plantas ocorreu quando foram utilizados os herbicidas cyanazine + simazine em pós-emergência inicial; paraquat + Extravon, ametryn + Assist e testemunha sem capina resultaram nos piores tratamentos. A maior produção de milho foi obtida com o tratamento cyanazine + simazine + Assist. No segundo ano, paraquat + Extravon e ametryn + Assist proporcionaram as maiores produções, apesar das injúrias observadas na área foliar.

Utilizando a mesma cultivar de milho, BRS 3123, Magalhães et al. (2001) avaliaram a toxicidade causada pela deriva dos herbicidas glyphosate e paraquat, em dois anos agrícolas consecutivos, (1996/97 e 1997/98), na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Os autores observaram que, utilizando doses de 2%; 4%; 6%; 8% e 12% da dose normalmente recomendada de cada herbicida, sendo 1.440 g ha⁻¹ e 400 g ha⁻¹ de glyphosate e paraquat, respectivamente, a altura das plantas, área foliar e peso da matéria seca não foram afetados pelo efeito das derivas nos dois anos citados. A exceção ocorreu com a área foliar que, no último ano, sofreu redução quando foram utilizadas doses de 12% de glyphosate.

Os autores também observaram que o grau de toxicidade, avaliado nas plantas que sofreram injúrias pela deriva, aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas, apresentou diferenças significativas. Os maiores danos foram observados com a utilização da maior subdose simulando deriva. Numa conclusão geral, observaram que a deriva simulada dos herbicidas em altas concentrações afetou o desenvolvimento das plantas e reduziu a produção de grãos de milho. Já a aplicação das doses de 2% a 4% não afetou o desenvolvimento das plantas nem a produtividade.

Alves & Timossi (2000) avaliaram o efeito da deriva do herbicida clomazone, aplicado sozinho ou em mistura com atrazine, sobre os aspectos quantitativos e qualitativos da laranjeira, variedade Hamlin, nos estádios de: florescimento, estágio de fruto com até 2 cm de diâmetro e estágio de fruto apresentando de 2 a 4 cm de diâmetro. Os autores constataram que a deriva dos herbicidas, em concentrações baseadas em suas doses usualmente recomendadas, promoveu o aborto de frutos com até 2 cm de diâmetro; nas doses menores, o mesmo não foi observado. O diâmetro dos frutos sofreu reduções de 25% e 50% quando sob deriva de clomazone e clomazone + ametrine, respectivamente. Clomazone a 50%, aplicado sozinho ou em misturas com ametrine, promoveu manchas nos frutos, seguida por clorose e necrose, causando também a morte de novos brotos. Não houve nenhum efeito qualitativo sobre o suco.

Wall (1997), estudando o efeito de subdoses de thifensulron e tribenuron na proporção de 2:1, em doses de 0; 0,23; 0,45; 0,9; 1,8 e 3,6 g ha⁻¹ em estádios de desenvolvimento de 2 a 3, 4 a 5 e 6 a 7 folhas das culturas de canola e girassol, respectivamente, concluiu que os estádios foliares de ambas as culturas foram afetadas pelos herbicidas. O florescimento, o rendimento de sementes e o conteúdo do óleo da semente foram menos afetados quando baixas doses dos herbicidas foram aplicadas nos estádios de 2 a 3 folhas. Segundo esse mesmo autor, as culturas afetadas pela deriva desses herbicidas sofrerão um efeito menor no que diz respeito ao rendimento da cultura, caso ela ocorra na fase inicial de desenvolvimento.

Estudos pertinentes a herbicidas do grupo das cloroacetamidas e imidazolinonas também são discutidos na literatura. Ward & Weaver (1996) estudou a resposta de *Solanum ptycanthum* a subdoses de imazethapyr ou metolachlor e efeitos na produção de bagas, tamanho de sementes e germinação. Utilizando experimentos em casa de vegetação e de campo, observaram que as

plantas tratadas em casa de vegetação com doses de 1/3 a 1/2 da dose usual de metolachlor, produziram poucas sementes por baga no início do florescimento. Ao adicionar um surfactante ao imazethapyr, quase todas as flores no início de desenvolvimento foram abortadas. Em condições de campo, quando se aplicou imazethapyr na dose de 2/3 da menor dose recomendada, com ou sem surfactante, houve retardamento do florescimento e aborto de quase todas as flores jovens. Doses subletais de imazethapyr e metolachlor não reduziram a viabilidade das sementes de *Solanum ptycanthum*, tanto em casa de vegetação, quanto em condições de campo.

O efeito dos herbicidas MCPA ou tribenuron-metil sobre o tamanho, germinação e viabilidade de sementes, assim como o crescimento de plântula de três espécies de plantas como *Fallopia convolvulus* L., *Galium spurium* L. e *Thlaspi arvense* L. foi estudado por Anderson (1996). Esse autor constatou que subdoses de tribenuron-metil, aplicadas no estágio de crescimento de internódios, reduziram severamente o peso de sementes, germinação e viabilidade. De modo geral, a germinação de *F. convolvulus* foi reduzida pelo uso de MCPA e *T. arvense* pelo uso de tribenuron-metil.

Richard Jr. (1995), avaliou o impacto de aplicações de pós-emergência do herbicida fluazifop-P em cana-de-açúcar, por meio de 3%, 6%, 11%, 22% e 44% da menor dose (100 g i. a. ha⁻¹) recomendada para o controle da planta daninha capim-massambará (*Sorghum halepense* L.) na cultura de soja. A conclusão foi de que, em experimentos de campo, as injúrias causadas na cana aumentaram com o aumento da dose quatro semanas após a aplicação do herbicida. Injúrias acima de 80% foram observadas na dose de 44%, resultando em menor produção de açúcar e menor conteúdo de fibra..

Em condições de campo, subdoses de bentazon foram aplicadas em pós-emergência, em dez populações, natural ou agrícola, de carrapicho bravo (*Xanthium strumarium*) por Zhang et al. (1994). O resultado foi que, tanto o

crescimento vegetativo quanto o reprodutivo dessa planta foram afetados pelo herbicida. Os autores relatam que algumas populações são mais tolerantes a bentazon do que outras. Porém, o tratamento com bentazon reduziu significativamente o peso por fruto em algumas populações de carrapicho, afetando a sobrevivência e o crescimento das mudas subseqüentes.

De acordo com Alves (1999), a deriva da mistura de herbicidas, como o glyphosate mais oxyfluorfen na cultura do feijoeiro, é mais prejudicial ao número de vagens por planta e aos demais estádios de desenvolvimento, do que a deriva dos produtos aplicados isoladamente. Lunkes (1996) assegura que a deriva destes herbicidas, isolados ou em mistura, apresentou maior efeito fitotóxico para o feijão, na fase de desenvolvimento vegetativo.

Lyon & Wilson (1986) afirmam que, de forma geral, a injúria de 2,4-D e dicamba sobre a cultura da soja aumenta proporcionalmente com o aumento da dose aplicada e com o estágio de desenvolvimento da planta. Esses mesmos autores, trabalhando com deriva simulada desses herbicidas na cultura do feijoeiro, fizeram aplicações em pré-emergência, segunda folha trifoliolada, pré-floração e formação de vagens. Eles verificaram diminuição na produção somente para as aplicações realizadas na pré-floração e formação das vagens.

3.1.4 Comportamento na planta

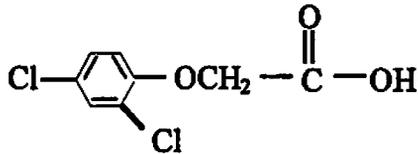
A absorção de sulfosate se dá através das folhas e outros tecidos tenros pouco lignificados; quando aplicado no solo, é fortemente adsorvido. A translocação ocorre por meio do xilema e floema, para as partes aéreas e raízes, tubérculos ou estolões. Este movimento pode ser rápido, especialmente no sentido dos meristemas, onde os sintomas são primeiramente observados (Rodrigues & Almeida, 1998). A camada cuticular sobre a superfície das folhas é considerada a maior barreira para a absorção do herbicida. O processo de difusão é considerado o mais provável para o transporte de sulfosate através da cutícula e o gradiente de concentração entre a região de deposição do produto e o interior da planta deve influenciar sua taxa de absorção (Kruse et al. 2000).

O produto é classificado como inibidor da rota dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina, fenilalanina, reduzindo, dessa maneira, a síntese de proteínas, resultando na paralisação do crescimento das plantas (Rodrigues & Almeida, 1998).

3.2 O herbicida 2,4-D

3.2.1 Características gerais

O 2,4-D sal amina do ácido 2,4 diclorofenoxiacético, pertence ao grupo químico dos fenoxiacéticos, apresentando, segundo Rodrigues & Almeida (1998), a seguinte fórmula estrutural:



Possui fórmula molecular $C_8H_6Cl_2O_3$, peso molecular de 221,04, temperatura de inativação de 135 a 138°C, pressão de vapor de $5,5 \times 10^{-7}$ mmHg a 30°C e solubilidade em água de 600 ppm a 25°C (Ahrens, 1994; Rodrigues & Almeida, 1998).

3.2.2 Indicações de uso

Trata-se de um herbicida de aplicação em pré ou pós-emergência. É efetivo sobre mono e dicotiledôneas. Possui persistência curta no solo, e é formulado em sais de amina e de éster, sendo estes mais agressivos, tanto para as ervas como para as culturas (Rodrigues & Almeida, 1998). Segundo esses autores, o produto é registrado no Brasil para as culturas de café, cana-de-açúcar, cereais, milho, manejo em plantio direto, gramados, pastagens, canais, açudes, represas e áreas não cultivadas.

3.2.3 Comportamento na planta

O 2,4-D é absorvido pelas folhas e raízes. Quando absorvido pelas folhas, as moléculas difundem-se na cutícula, movimentando-se pelos espaços intercelulares e penetrando no floema; quando absorvido pelas raízes, segue o curso da transpiração, pelo xilema para a parte aérea das plantas. O mecanismo de ação do 2,4-D é idêntico à auxina natural, o ácido indolacético (AIA), provocando intensa divisão no câmbio, endoderma, periciclo e floema. Causa

tumores no meristema intercalar, formação de raízes aéreas, multiplicação e engrossamento das raízes, rachaduras nas raízes e caule, formação de gemas múltiplas e hipertrofia das raízes laterais. Nas dicotiledôneas, os sintomas mais evidentes são encurtamento do tecido interneval das folhas e a epinastia (Rodrigues & Almeida, 1998).

3.3 Local e época de condução dos experimentos

O presente estudo foi conduzido implantando-se seis experimentos de campo nos períodos de dezembro de 1998 a julho de 1999 e dezembro de 1999 a junho de 2000 e dois experimentos em casa de vegetação. No primeiro ano, três ensaios foram instalados na estação experimental da Fazenda Palmital, localizada no município de Ijaci, MG. No segundo ano, dois experimentos foram instalados no mesmo local e um experimento instalado na Fazenda Xavier, no município de Lavras, MG. Os experimentos em casa de vegetação, foram instalados no Núcleo de Biologia Aplicada, do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no município de Sete Lagoas, MG.

3.4 Experimentos de campo

3.4.1 Caracterização do ambiente

Os experimentos, exceto o terceiro experimento do segundo ano, foram conduzidos em Ijaci, MG, situado próximo à cidade de Lavras, localizada na latitude sul 21°14', longitude oeste 45°00' e altitude de 900 metros. O clima da região, conforme Köppen, é classificado como CWb, com temperatura média anual em torno de 20°C e precipitação de 1.300 a 1.500 mm (Castro Neto et al.,

1980, citados por Souza, 1994). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico, com textura argilosa.

Os resultados das análises química e granulométrica do solo, assim como as variações diárias de umidade relativa do ar, temperatura média e precipitação pluvial, durante a condução dos ensaios encontram-se na Tabela 1 e nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1 Análise química e granulométrica de amostras do solo (profundidade de 0 a 20 cm) da área experimental de Ijaci. UFLA, Lavras-MG, 2002^{1/}

Características químicas	Unidade	Valor
pH (em água)	—	6,50
H+Al	cmolc/dm ³	1,7
Al	cmolc/dm ³	0,0
P	mg/dm ³	2,0
K ⁺	mg/dm ³	48
Ca ⁺⁺	cmolc/dm ³	4,1
Mg ⁺⁺	cmolc/dm ³	0,7
Zn	mg/dm ³	0,6
S	cmolc/dm ³	5,3
T	cmolc/dm ³	7,0
V (%)		75,7
Características físicas	%	
Areia		18
Silte		36
Argila		46
M.O		-
Classificação textural		Franco argiloso

^{1/} Análise realizada pelo Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Lavras, MG.

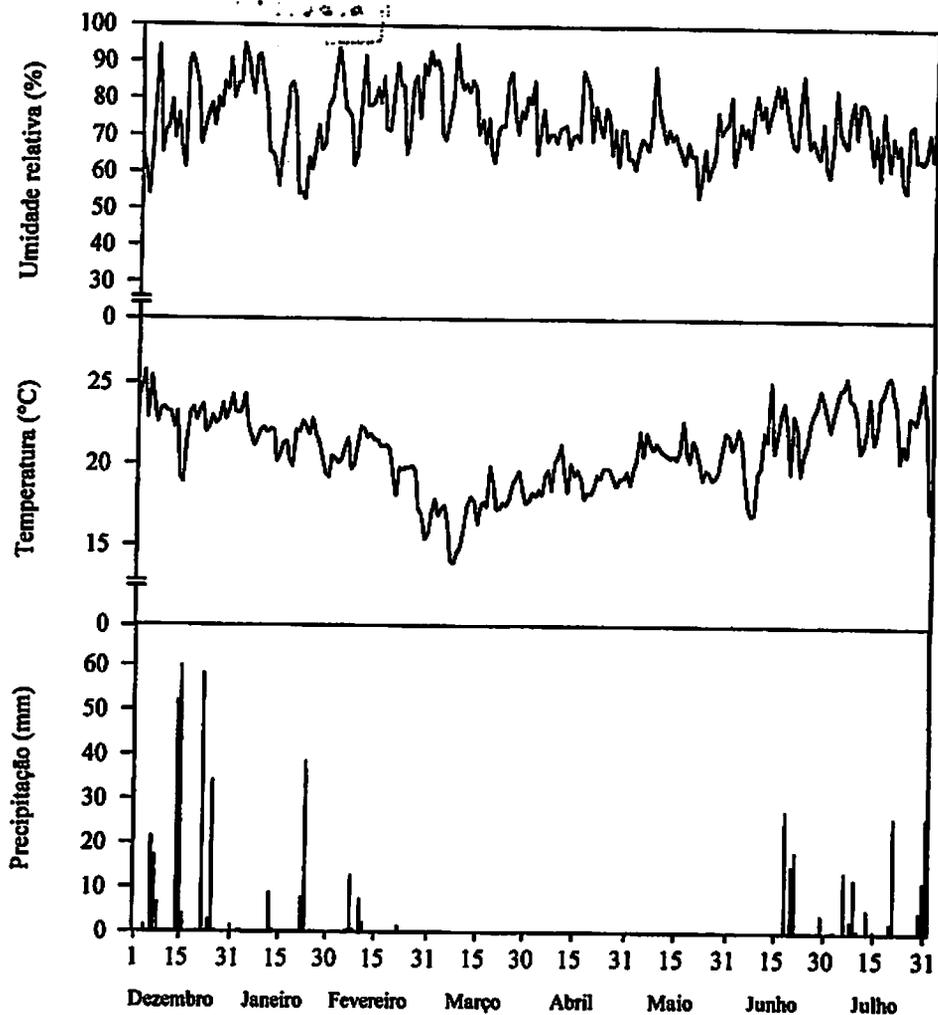


FIGURA 1 Variação diária da umidade relativa do ar (%), da temperatura média (°C) e da precipitação pluvial (mm), durante a condução dos experimentos; primeiro ano, (12/1998 a 07/1999). UFLA, Lavras-MG, 1999. Dados coletados na estação climatológica principal da UFLA.

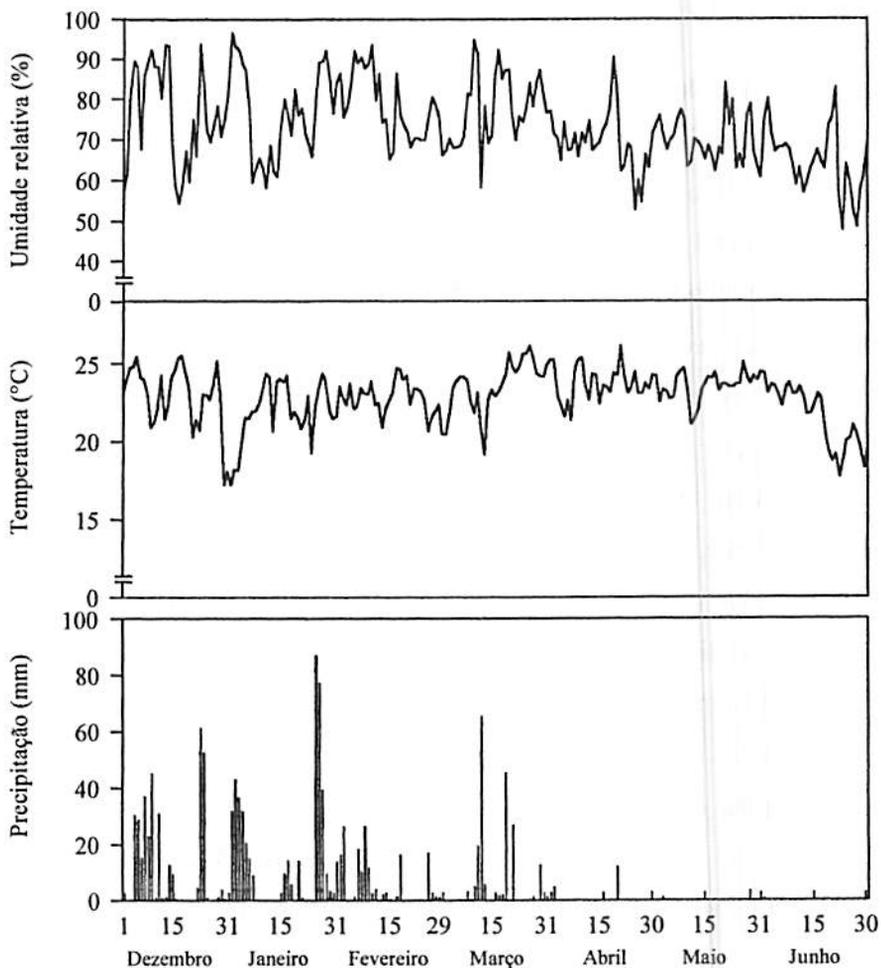


FIGURA 2 Variação diária da umidade relativa do ar (%), da temperatura média (°C) e da precipitação pluvial (mm), durante a condução dos experimentos; segundo ano (12/1999 a 06/2000). UFLA, Lavras-MG, 2000. Dados coletados na estação climatológica principal UFLA.

3.4.2 Condução dos experimentos de campo

As aplicações dos tratamentos, nos dois anos de condução dos experimentos, foram realizadas em três estádios de desenvolvimento da cultura do milho. Cada estádio foi considerado como um experimento: estádio 1 (experimento I), estádio 4 (experimento II) e estádio 6 (experimento III), (Tabela 2). A semeadura do milho foi realizada, em plantio convencional, sempre no mês de dezembro dos respectivos anos de condução.

Para ambos os anos, o preparo do solo foi iniciado 35 dias antes da semeadura, com aração na profundidade de 25 cm e gradagem com grade destorroadora-niveladora realizada 30 dias após a aração. A semeadura foi realizada mecanicamente, utilizando-se uma semeadora-adubadora Jumil Exacta 2900 Jumil, de 4 linhas, regulada para obter de 6 a 7 sementes por metro linear, com espaçamento entre linhas de 0,90 m. Durante a condução dos experimentos todas as parcelas foram mantidas no limpo por meio de capinas manuais.

A adubação foi realizada com base nos resultados da análise do solo, utilizando-se 400 kg/ha da fórmula 8-28-16+Zn. A adubação de cobertura foi realizada na superfície do solo, em uma única vez, aos 35 dias após a emergência, sendo aplicados 60 kg/ha de N e K₂O na formulação N P K (20-0-20).

A cultivar utilizada no primeiro ano, em todos os experimentos, foi a Cargill 435. No segundo ano, a mesma cultivar foi utilizada nos dois primeiros experimentos (estádios 1 e 4) e, para o terceiro experimento, foi utilizada a cultivar 3123 Ribeiral. Quando ocorreu o ataque de lagartas do cartucho, o controle foi efetuado com lambdacyhalothrin (KARATE) a 150 mL/ha.

TABELA 2. Estádios de desenvolvimento da cultura do milho.

Estádio	Fases fenológicas	Duração
Estádio 0	Da sementeira à emergência	0 a 2 semanas
Estádio 1	Planta com 4 folhas	2 a 4 semanas
Estádio 2	Planta apresentando 8 folhas	4 a 6 semanas
Estádio 3	Planta com 12 folhas	6 a 8 semanas
Estádio 4	Emissão do pendão	8 a 10 semanas
Estádio 5	Florescimento e polinização	10 a 12 semanas
Estádio 6	Grão leitoso	12 dias após a polinização
Estádio 7	Grão pastoso	24 dias após a polinização
Estádio 8	Início da formação de dentes	36 dias após a polinização
Estádio 9	Grão duro	48 dias após a polinização
Estádio 10	Grão fisiologicamente maduro	55 dias após a polinização

Fonte: Fancelli & Dourado-Neto (1997)

As aplicações dos tratamentos foram realizadas em 13/01/99, 14/02/99 e 26/01/99 para os experimentos efetuados nos estádios 1, 4 e 6, respectivamente e as avaliações realizadas em 28/04/99. A colheita foi realizada em julho de 1999. No segundo ano, as aplicações foram realizadas em 10/01/00, 22/02/00 e

27/03/00, referentes aos estádios de desenvolvimento 1, 4 e 6, respectivamente, com a colheita realizada em junho do mesmo ano.

3.4.3 Delineamento e parcelas experimentais

O delineamento experimental adotado para os experimentos de campo foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 6 (três herbicidas e seis subdoses), com três repetições. Cada parcela foi constituída de 4 linhas de milho espaçadas de 0,90 m e com 8 m de comprimento, perfazendo um total de 28,80 m². Para fins de avaliação experimental, foram utilizados 6 m das duas linhas centrais, com uma área útil de 10,80 m².

3.4.4 Tratamentos

Os tratamentos, de acordo com o apresentado na Tabela 3, foram constituídos dos herbicidas sulfosate, 2,4-D e suas misturas em tanque, em seis subdoses (0%; 2%; 4%; 8%; 12% e 16% da dose normalmente recomendada para o controle de plantas daninhas), sendo considerado 0% para a testemunha, totalizando 18 tratamentos. Todos os tratamentos foram aplicados nos estádios de desenvolvimento fenológico do milho citados anteriormente e que constam da Tabela 2.

As doses usuais consideradas de cada herbicida no controle de plantas daninhas foram de 1,44 kg ha⁻¹ para o sulfosate, 1,209 kg ha⁻¹ para o 2,4-D e 1,44 + 1,209 kg ha⁻¹ para o sulfosate +2,4-D, (Rodrigues & Almeida, 1998).

TABELA 3. Tratamentos utilizados no experimento de deriva simulada por meio de aplicações de subdoses de sulfosate, 2,4-D e suas misturas, na cultura do milho, para os três estádios propostos. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Tratamento	Herbicida (% da dose usual)	Dose (g/ha)
01	Sulfosate (0 %)	0,0
02	Sulfosate (2 %)	28,80
03	Sulfosate (4 %)	57,60
04	Sulfosate (8%)	115,20
05	Sulfosate (12 %)	172,80
06	Sulfosate (16 %)	230,40
07	2,4-D (0 %)	0,0
08	2,4-D (2 %)	24,18
09	2,4-D (4 %)	48,36
10	2,4-D (8 %)	96,72
11	2,4-D (12 %)	145,08
12	2,4-D (16 %)	193,44
13	(2,4-D + sulfosate) (0 %)	0,0 + 0,0
14	(2,4-D + sulfosate) (2 %)	24,18 + 28,80
15	(2,4-D + sulfosate) (4 %)	48,36 + 57,60
16	(2,4-D + sulfosate) (8 %)	96,72 + 115,20
17	(2,4-D + sulfosate) (12 %)	145,08 + 172,80
18	(2,4-D + sulfosate) (16 %)	193,44 + 230,40

Os produtos comerciais empregados foram Zapp (sulfosate) e DMA 806 (2,4-D).

3.4.5 Aplicação dos herbicidas

Para a aplicação dos herbicidas utilizou-se um pulverizador costal, pressurizado a CO₂ com pressão de 40 lb/pol² e barra equipada com 4 bicos tipo leque "Teejet" 110.02 espaçados de 50 cm com volume de calda de 210 L/ha.

Estas aplicações foram efetuadas no período da manhã (início entre 09:00 e 10:00 horas e término ao redor das 12:30 horas), livre de ventos e correntes ascendentes de ar, objetivando evitar algum tipo de interferência, tal como deriva das subdoses (deriva simulada). Para as aplicações dos herbicidas nos estádios 4 e 6, a barra de pulverização foi suspensa por uma haste, pulverizando-se por cima das plantas de milho.

3.4.6 Avaliações realizadas

Foram realizadas avaliações do efeito dos herbicidas sobre o número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de 1000 grãos e rendimento da cultura do milho.

As avaliações relativas ao número de plantas, altura de plantas e altura de espigas, para os experimentos conduzidos no primeiro ano, foram realizadas no dia 28/04/1999 e segundo ano, no dia 05/04/2000. A altura de planta foi obtida usando-se uma régua graduada, medindo-se a distância entre o nível do solo até a inserção da folha bandeira. Da mesma forma, determinou-se a altura da espiga, medindo-se a distância entre o nível do solo e a inserção da espiga. Para ambas as avaliações, tomaram-se dez plantas ao acaso dentro da área útil de cada parcela. As avaliações do efeito dos herbicidas sobre o número de espigas, peso de espigas, peso de 1000 grãos e peso de grãos (rendimento) foram realizadas por ocasião da colheita que, no primeiro ano, foi realizada em julho de 1999 e, no segundo ano, em junho de 2000.

A colheita foi realizada manualmente. As espigas foram colhidas dentro de cada área útil das parcelas, colocando-as em sacos identificados com etiquetas, contadas e pesadas no setor de armazenamento do Departamento de Agricultura da UFLA. Para a debulha, utilizou-se um debulhador elétrico. Os grãos (rendimento) foram pesados e, em seguida retirada uma amostra de cada

parcela para se determinar o teor de umidade, sendo os resultados convertidos em toneladas por hectare. Eles foram corrigidos para um teor de umidade de 13%, sendo utilizada a seguinte fórmula, citada por Borges (1973):

$$P = \frac{Pc (100-Uo)}{(100-Ui)}$$

em que:

P : peso corrigido

Pc : peso de campo determinado

Uo : umidade determinada

Ui : umidade de correção

Os produtos comerciais empregados foram Zapp (sulfosate) e DMA 806 (2,4-D).

3.5 Experimento de laboratório e em casa de vegetação

O estudo foi constituído por dois ensaios em casa de vegetação no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Embrapa Milho e Sorgo), localizado no município de Sete Lagoas-MG, no início do ano agrícola de 2001. Objetivou-se avaliar o efeito do herbicida sulfosate sobre a inibição da enzima EPSPs (5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase) e avaliar os sintomas de fitotoxicidade sobre as plantas de milho. As avaliações de inibição da enzima EPSPs foram realizadas em laboratório, por meio de dois experimentos. Um deles foi realizado para se avaliar, por meio de um tempo teste, a absorção de sulfosate e, em função do tempo encontrado nesse experimento, foi realizado o trabalho de inibição da EPSPs.

3.5.1 Ensaio teste para avaliação do tempo de absorção do herbicida Sulfosate

Para realização desse ensaio, adotou-se um experimento em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A concentração foi de 10% da dose usual do herbicida sulfosate ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$) e cinco épocas de coletas das folhas de milho: 0, 24, 48, 72 e 96 horas após aplicação do herbicida. Todas as folhas foram enroladas e identificadas em papel alumínio, colocadas imediatamente em nitrogênio líquido e armazenadas num "Deep Freezer" numa temperatura de 80°C negativos para análises posteriores. A semeadura do milho foi realizada no dia 17 de janeiro de 2001, colocando-se seis sementes por vaso, à profundidade de 3 cm, deixando três plantas/vaso após o desbaste. Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 20 L. O solo utilizado no enchimento dos vasos foi coletado na profundidade de 0 a 20 cm, peneirado e misturado com fertilizante da fórmula N-P-K (08-28-16).

A emergência das plantas ocorreu no dia 23 de janeiro de 2001. Na terceira semana após a emergência, no estágio 1 de desenvolvimento fenológico, foi realizada a pulverização com o herbicida. Utilizou-se a cultivar Cargill 435 e, para a manutenção do vigor das plantas, os vasos foram irrigados com adubo líquido "Ouro Verde", na proporção de 50 mL para 20 L de água, irrigados duas vezes por semana. O herbicida foi aplicado no dia 07/02/01, utilizando-se um pulverizador costal, pressurizado a CO_2 com bico tipo leque 110.02, pressão constante de 37 lb/pol^2 e vazão correspondente a 220 L de calda/ha.

3.5.2 Parâmetro avaliado do ensaio teste

O ensaio foi conduzido para testar a absorção foliar do herbicida sulfosate aplicado sobre plantas de milho, em quatro tempos após a aplicação e

avaliar se a absorção foi suficiente para a ação do herbicida. Esse processo de absorção foi avaliado pelos valores de absorbâncias lidas a 660nm, num espectrofotômetro (modelo Perkin Elmer - Lambda Bio.) em função da quantidade de enzima inibida. Ou seja, quanto maior o valor da absorbância, maior a atividade enzimática, sendo, portanto, menor a inibição da enzima e menor a absorção pela planta.

3.5.3 Avaliação da inibição da EPSPs e análise de fitotoxicidade

Esse ensaio foi implantado em casa de vegetação no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo/EMBRAPA, município de Sete Lagoas, MG. Foi seguido o mesmo procedimento utilizado para o ensaio teste do tempo de absorção da EPSPs, utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado com três repetições, com nove subdoses do herbicida sulfosate cujas concentrações foram: 0%; 2%; 4%; 6%; 8%; 10%; 12%; 14%; 16 % da dose normalmente recomendada do herbicida no controle de plantas daninhas. Foram coletadas as amostras das folhas de milho para a análise laboratorial 24 horas após a aplicação. Esse tempo foi determinado pelo primeiro ensaio e a aplicação feita no mesmo estágio de desenvolvimento da cultura do milho. O processo de absorção foi avaliado também pelos valores de absorbâncias lidas a 660nm, no espectrofotômetro.

Os sintomas de fitotoxicidade foram averiguados através de avaliações visuais aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida, com atribuição de notas, que variaram de 00 (sem fitotoxicidade) até 100 (morte total das plantas).

3.6 Metodologia laboratorial

A metodologia foi baseada em trabalhos conduzidos por Forlani et al. (1994): após 24 horas da aplicação do herbicida, tempo de absorção constatado no pré-teste, as folhas das plantas de milho foram coletadas em cada parcela, identificadas e enroladas em papel alumínio e colocadas imediatamente em nitrogênio líquido e armazenadas em “Deep Freezer”.

Para realização da atividade enzimática foram macerados 2g de folhas de cada amostra armazenada no “Deep Freezer” em 4 mL de tampão de extração contendo os seguintes constituintes: 57mM de HEPES-NaOH, pH 7,0; 10 % de glicerol; 10mM de β Mercaptoetanol; 0,1 mM de EDTA pH 7,0; 0,01 mM de $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; e 10 % PVPP mais areia lavada, sendo todo o processo realizado no gelo. Após obter o macerado, este foi centrifugado a 5000 g por 30 minutos a 4 °C. O precipitado foi descartado e o sobrenadante vertido para outro tubo, e centrifugado a 20.000 g por mais 30 minutos a 4°C, até obter-se o extrato cru que foi dessalinizado em colunas de Sephadex G-25 para eliminar o fósforo residual. O sephadex G-25 é uma resina que deve ser empacotada dentro de uma seringa de 5 mL. Esse empacotamento foi feito da seguinte maneira:

a) Adicionou-se 5 mL de Sephadex (previamente hidratada e armazenada em tampão 57,47 mM de HEPES-NaOH pH 7,0) em seringa de 5 mL;

b) Centrifugou-se a seringa, contendo esses 5 mL de Sephadex, a 2000 rpm por 1 minuto a fim de empacotar a resina (Sephadex G-25). Esta operação foi repetida até que todo volume da resina atingisse 5 mL.

c) Passou-se 3 a 4 volumes de tampão de extração, (57mM de HEPES-NaOH, pH 7,0; 10 % de glicerol; 10mM de β Mercaptoetanol; 0,1 mM de EDTA pH 7,0 e 0,01 mM $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) a fim de que toda resina ficasse saturada da solução tampão;

d) Estas seringas foram mantidas em geladeiras (4°C) até na hora de se realizar a atividade enzimática.

O extrato cru obtido foi passado (1mL) dentro de cada coluna de Sephadex e centrifugado por 1 minuto para obter-se o extrato dessalinizado. Após esse processo foi realizada a reação enzimática da EPSPs. O meio de reação teve os seguintes reagentes: 200 mM de Hepes-NaOH; pH 7; 100mM de Shiquimato 3 fosfato; 10 mM de PEP; 5 mM de Heptamolíbdató de amônio e o extrato cru dessalinizado. Todos esses reagentes foram misturados dentro de tubos de ensaios onde se processou a reação enzimática. A reação foi incubada por 20 minutos a 35 °C (banho maria). A reação foi paralizada com 1 mL de solução colorimétrica, e após exatamente 1 minuto foi adicionado 100 µL de citrato de sódio 34 %. Desenvolveu-se cor por 15 minutos à temperatura ambiente e a absorbância foi lida a 660 nm. Um tratamento "branco" foi constituído com todos os reagentes exceto o shiquimato 3 fosfato. A solução colorimétrica constou-se de 1 parte de 12,3 mM de malaquita verde em água (1,0787 g/100 mL água destilada) e 3 partes de 34,0 mM de heptamolíbdató de amônio em 4 N de HCl (4,202g/100 mL HCL 4N) que foi preparada somente na hora do uso. Adicionou-se chaps na proporção de 2g/L, centrifugou-se a 2800 rpm por 5 minutos e o volume foi filtrado imediatamente em filtro de 0,45µ.

3.6.1 Atividade enzimática em função da coloração da reação

O herbicida sulfosate possui mecanismo de ação que se baseia na interrupção da rota do ácido shiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, que são essenciais para a síntese de proteínas e divisão celular nas regiões meristemáticas da planta (Hess, 1994). A síntese desses aminoácidos se inicia com a união de fosfoenolpiruvato (PEP) e eritrose 4 fosfato (E4P), formando deoxi-arabino-

heptuloseonato 7 fosfato (DAH7P), que após quatro reações químicas origina o shiquimato 3 fosfato (S3P). A próxima reação é catalisada pela enzima EPSP sintase a qual se liga ao S3P e este complexo se une ao PEP formando enol-piruvil-shiquimato-fosfato (EPSP) ocorrendo a liberação de fósforo inorgânico Vidal (1997). No processo de avaliação da atividade enzimática da EPSPs o fósforo inorgânico reage com a malaquita verde da reação colorimétrica apresentando uma coloração verde. Essa coloração é proporcional a quantidade de fósforo presente na reação, ou seja, quanto maior a intensificação da cor verde, maior a quantidade de fósforo presente na reação sendo maior o valor de absorvância, portanto, maior a atividade enzimática, conseqüentemente menor a ação do herbicida sobre a planta e quanto menor a intensificação do verde na reação, menor a quantidade de fósforo na reação, sendo menor o valor da absorvância, menor a atividade enzimática, conseqüentemente maior a ação do herbicida. Todo esse processo se fez também para o ensaio de pré-teste de absorção.

3.7 Procedimentos estatísticos

Os dados de todos os experimentos foram coletados e submetidos a análise de variância e ao teste de F. As interações significativas foram desdobradas e efetuado o teste de F e realizada ainda uma análise de regressão, procurando-se buscar um modelo matemático que melhor explicasse a relação entre as doses do herbicida e as etapas de desenvolvimento da cultura, utilizando-se os programas estatísticos Origim 3.5 e Sisvar 4.3.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da aplicação dos herbicidas nos estádios fenológicos 1, 4 e 6 da cultura do milho: primeiro ano

Os resumos das análises de variâncias referentes às variáveis analisadas da cultura do milho, nos estádios de desenvolvimento 1, 4 e 6, estão respectivamente, nas Tabela 1A, 2A e 3A do anexo. Pode-se observar, na Tabela 1A, segundo o teste de F, interação significativa a 1% para todas as variáveis, exceto para o peso de 1000 grãos, cuja interação foi significativa apenas a 5%. O mesmo efeito não foi observado no estádio 4, Tabela 2A. Nesse caso, a interação foi significativa somente para as variáveis número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos. Na Tabela 3A, para todas as variáveis analisadas, não se observou interação significativa. Houve diferenças somente para doses nas variáveis número e peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos e para os herbicidas; foram observadas diferenças somente para o número de espigas, peso de espigas e peso de grãos.

Os resultados referentes às diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas, em função de cada herbicida nos estádios 1, 4 e 6 de desenvolvimento da cultura do milho estão apresentados, respectivamente, nas Tabelas 4, 5 e 6.

TABELA 4 Valores médios dos componentes de produção analisados no primeiro experimento, fase inicial de desenvolvimento da cultura do milho - estágio I, (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

*Variáveis							
Herbicidas	Num. pl. (parcela)	Alt. pl. (m)	Alt. esp. (m)	Num. esp. (parcela)	Peso esp. (t/ha)	Peso gr. (t/ha)	P. 1000 gr. (g)
Testemunha	62,333a	2,418a	1,354 a	62,889 a	10,898 a	8,804 a	307,222 a
2,4-D	57,800a	2,416 a	1,339 a	60,000 a	10,345 ab	8,320 a	306,600 a
2,4-D+Sulf.	54,467ab	2,246 b	1,153 b	51,200 b	8,255 bc	6,678 bc	298,933 a
Sulfosate	45,133b	2,151 b	1,115 b	44,533 b	6,818 c	5,550 c	293,200 a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

*Num. pl.(número de plantas); Alt. pl. (altura de plantas); Alt. esp. (altura de espigas); Num. esp. (número de espigas); Peso esp. (peso de espigas); Peso gr. (peso de grãos); P. 1000 gr. (peso de 1000 grãos).

TABELA 5 Valores médios dos componentes de produção analisados no segundo experimento, fase de pré-floração, do desenvolvimento da cultura do milho - estágio 4, (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

*Variáveis							
Herbicidas	Num. pl. (parcela)	Alt. pl. (m)	Alt. esp. (m)	Num. esp. (parcela)	Peso esp. (t/ha)	Peso gr. (t/ha)	P. 1000 gr. (g)
Testemunha	56,533 a	2,256 a	1,551 a	48,533 a	6,746 a	5,628 a	316,783 a
2,4-D	54,111 a	2,234 a	1,522 a	45,000 a	6,722 a	5,574 a	311,139 a
2,4-D + sulf.	51,533 a	2,231 a	1,519 a	24,667 b	3,458 b	2,829 b	298,839 a
sulfosate	52,267 a	2,207 a	1,507 a	22,733 b	3,185 b	2,660 b	238,298 b

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

630.724

TABELA 6 VCAR est
ter
mil
MG

componentes de produção analisados no
se de enchimento de grãos da cultura do
mbro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras,

Herbicidas	Num. pl. (parcela)	veis			
		um. esp. arcela)	Peso esp. (t/ha)	Peso gr. (t/ha)	P. 1000 gr. (g)
Testemunha	56,333 a	467 a	6,642 a	5,462 a	268,889 a
2,4-D	54,333 a	33 ab	6,602 a	5,442 a	263,400 a
2,4-D + sulf.	52,800 a	13 bc	5,239ab	4,276 ab	251,933 a
Sulfosate	49,133 a	33c	4,843 b	3,940b	250,867 a

Médias seguidas pelas
probabilidade, pelo teste

na não diferem entre si a 5% de

A Tabela 4 mos. 2,4-D foi o que menos afetou a
cultura do milho no estádio 1, sempre apresentando as maiores médias em
relação aos outros herbicidas. A exceção ocorreu para a variável número de
espigas, cujas médias para o 2,4-D e a mistura deste com sulfosate, não foram
estatisticamente diferentes. A ação de 2,4-D observada no estádio 1 confirma
sua indicação como herbicida de pós-emergência inicial para a cultura do milho
(Rodrigues & Almeida, 1998). Para o peso de 1000 grãos não foi observada
diferença entre os herbicidas.

Para os estádios de desenvolvimento 4 e 6 (Tabelas 5 e 6
respectivamente), pode-se observar que não houve diferença significativa entre
os herbicidas para as variáveis número de plantas, altura de plantas e altura de
espigas. Este fato pode ser devido as plantas já estarem desenvolvidas. Assim
não sofreram maiores injúrias, em função das aplicações, quando comparadas
com as observadas no estádio inicial. Nesse estádio, as plantas ainda estavam se
desenvolvendo. Por isso, qualquer efeito externo, como o uso de herbicidas não
indicados para esta cultura, interfere no crescimento normal, afetando
negativamente tais variáveis (Fancelli & Dourado Neto, 1996).

Para a variável número de espigas, nos estádios 4 e 6 (Tabelas 5 e 6, respectivamente), notou-se que foi pouco afetada pelo herbicida 2,4-D. Quando o herbicida sulfosate foi adicionado ao 2,4-D em mistura, os resultados observados foram semelhantes àqueles provocados por sulfosate isolado. Em relação ao peso de espigas e peso de grãos no estádio 4, o efeito dos herbicidas apresentou o mesmo comportamento. Novamente, o herbicida 2,4-D foi o que melhor se destacou, apresentando médias superiores aos demais herbicidas. Neste mesmo estádio, para a variável peso de 1000 grãos, pode-se observar que o 2,4-D e a mistura deste com sulfosate não diferiram estatisticamente. A maior média, nesse caso, ocorreu com o uso de 2,4-D, tendo a aplicação de sulfosate isolado proporcionado a menor média, ou seja, a mais prejudicial. No estádio 6 de desenvolvimento da cultura do milho (Tabela 6), notou-se que o peso de espigas e peso de grãos apresentaram o mesmo desempenho. O 2,4-D foi o melhor entre os herbicidas e a mistura apresentou comportamento intermediário, sugerindo um efeito sinérgico da mistura nessa fase de enchimento de grãos. O pior resultado foi proporcionado pelo uso de sulfosate. Para o peso de 1000 grãos não houve diferença entre os herbicidas estudados.

De modo geral, o herbicida sulfosate foi o que mais prejudicou o desenvolvimento normal das plantas de milho, nos três estádios de desenvolvimento estudados. Seu efeito resultou em menor média para quase todas as variáveis analisadas. Esse resultado corrobora com Magalhães et al. (2001) que, utilizando doses maiores de glyphosate na cultura do milho, constataram redução no desenvolvimento das plantas com conseqüente queda na produção.

O herbicida 2,4-D foi o que se destacou em relação aos demais herbicidas, proporcionando os melhores resultados. A mistura de 2,4-D + sulfosate, na maioria das vezes, apresentou comportamento semelhante ao sulfosate, porém, afetou menos as variáveis estudadas. Esta mistura, quando

utilizada na cultura do milho, para o número de plantas no estágio 1 (Tabela 4) apresentou comportamento intermediário. Esse resultado sugere um efeito antagônico, em que o herbicida 2,4-D pode estar diminuindo o efeito do sulfosate no estágio inicial de desenvolvimento da cultura. Segundo Thelen et al. (1995), embora tenham trabalhado com 2,4-D + glyphosate, esse comportamento pode ocorrer.

Como mencionado anteriormente o herbicida 2,4-D, quando aplicado isoladamente, foi o que menos prejudicou o desenvolvimento das plantas. Isso provavelmente se deve ao fato de tratar-se de um herbicida hormonal que, em doses menores, pode atuar como uma auxina, estimulando, dessa forma, o desenvolvimento das plantas. Contudo, esse comportamento não foi observado por Talbert et al. (1994). Trabalhando com o herbicida quinclorac (mesmo mecanismo de ação do 2,4-D), nas culturas de algodão, cucurbitáceas e feijão, esses autores observaram severas injúrias em tais culturas, afetando severamente a produção.

Nas Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente, estão apresentados, os resumos das análises de variâncias do desdobramento da interação dose x herbicida para os estádios 1, 4 e 6 de desenvolvimento da cultura do milho. Pode-se notar, no estágio 1 (Tabela 7), que não foi verificado efeito significativo em relação às doses dentro do herbicida 1 (2,4-D), em todas as variáveis analisadas. O mesmo aconteceu para as variáveis número de plantas e peso de 1000 grãos, para doses dentro do herbicida 2 (2,4-D + sulfosate) e peso de 1000 grãos para doses dentro do herbicida 3 (sulfosate). No estágio 4 (Tabela 8), observou-se não ter havido diferença significativa, tanto para herbicidas quanto para doses, em relação ao número e altura de plantas e altura de espigas. O efeito de doses dentro do herbicida 1, para todas as variáveis analisadas, também não foi significativo. Para doses dentro dos herbicidas 2 e 3, notaram-se diferenças entre os tratamentos somente para as variáveis número e peso de espigas, peso de grãos e

TABELA 7 Resumo da análise de variância do desdobramento de dose dentro de herbicidas (Dose d. /Herbicidas), para todas as variáveis analisadas no primeiro experimento, fase de inicial (estádio 1) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO								
F. V.	G. L.	Num. Pl. ¹	Alt. Pl. ²	Alt. esp. ³	Num. esp. ⁴	Peso esp. ⁵	Peso gr. ⁶	P. 1000 gr. ⁷
Bloco	2	30,8889	0,0097	0,0087	65,1296	5,0790	3,4864	787,7963
Herbicida	2	487,1667**	0,1423**	0,1099**	615,6296**	32,9833**	20,2945**	194,9074ns
Dose	5	670,6667**	0,3027**	0,2157**	1149,7630**	53,9745**	32,8145**	227,1407ns
Dose d. /H1	5	78,7556ns	0,0152ns	0,0141ns	33,4667ns	0,9132ns	0,2966ns	393,4222ns
Dose d. /H2	5	110,3222ns	0,2172**	0,1807**	761,5556**	36,6563**	23,7621**	524,3222ns
Dose d. /H3	5	1016,4556**	0,2903**	0,2106**	1069,6000**	45,0922**	29,3100**	390,4556ns
Resíduo	34	83,5752	0,0172	0,0107	52,2865	1,6166	1,1582	253,1885
Média geral		54,1111	2,2956	1,2276	53,7407	8,8794	7,1749	300,8519
C.V (%)		16,89	5,71	8,42	13,46	14,32	15,00	5,29

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F

- ns - Interação não significativa

_ Interação não significativa, mas doses e herbicidas significativos

Herbicidas: H1 = 2,4-D; H2 = Sulfosate + 2,4-D; H3 = Sulfosate.

TABELA 8 Resumo da análise de variância do desdobramento de dose dentro de herbicidas (Dose d./Herbicidas), para todas as variáveis analisadas no segundo experimento, fase de pré-floração (estádio 4) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO									
F. V.	G. L.	Num. Pl. ¹	Alt. pl. ²	Alt. esp. ³	Num. esp. ⁴	Peso esp. ⁵	Peso gr. ⁶	P. 1000 gr. ⁷	
Bloco	2	18,3889	0,0053	0,0113	148,3519	1,8420	1,3648	601,9411	
Herbicida	2	24,6667 ns	0,0025 ns	0,0013 ns	2530,0741 **	47,3891 **	32,5313 **	19529,3143**	
Dose	5	46,3556 ns	0,0073 ns	0,0063 ns	1481,7630 **	36,3731 **	25,4412 **	28722,2799**	
Dose d./H1	5	- ns -	- ns -	- ns -	37,8222 ns	0,2201 ns	0,1497 ns	2001,4767 ns	
Dose d./H2	5	- ns -	- ns -	- ns -	1030,3556 **	27,6003 **	19,3292 **	2486,5865 **	
Dose d./H3	5	- ns -	- ns -	- ns -	1372,6222 **	26,9700**	19,1337 **	46608,4475**	
Resíduo	34	35,6634	0,0081	0,0085	56,6460	1,3497	0,8816	975,9106	
Média geral		53,5556	2,2293	1,5217	34,1481	4,8369	4,0110	288,4294	
C.V (%)		11,15	4,04	6,05	22,04	24,02	23,41	10,83	

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F

** Significativo a de 1% de probabilidade pelo teste de F

TABELA 9 Resumo da análise de variância do desdobramento de dose dentro de erbicidas (Dose d./Herbicidas), para todas as variáveis analisadas no terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1998 a julho 1999). UFPA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO									
F. V.	G. L.	Num. pl. ¹	Alt. pl. ²	Alt. esp. ³	Num. esp. ⁴	Peso esp. ⁵	Peso gr. ⁶	P. 1000 gr. ⁷	
Bloco	2	705,9074	0,0024	0,0014	502,2407	9,1321	6,3861	91,1296	
Herbicida	2	32,0185 ns	0,0069 ns	0,0005 ns	294,6852 *	8,7711 **	6,2768 **	343,4074 ns	
Dose	5	141,2185 ns	0,0283 ns	0,0125 ns	441,5852 **	9,5627 **	6,7367 **	808,6407 **	
Dose d./H1	5	- ns -	- ns -	- ns -	-	-	-	-	
Dose d./H2	5	- ns -	- ns -	- ns -	-	-	-	-	
Dose d./H3	5	- ns -	- ns -	- ns -	-	-	-	-	
Resíduo	34	107,7113	0,0121	0,0111	79,5741	1,3219	0,8798	127,0120	
Media geral		52,7963	2,2502	1,2228	44,2593	5,7407	4,7042	257,6481	
C.V (%)		19,66	4,90	8,61	20,15	20,03	19,94	4,37	

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F
 ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F

peso de 1000 grãos. Não houve efeito para as outras variáveis estudadas, ficando evidente que, nesse estágio de desenvolvimento, o milho não é afetado pelos herbicidas, no que diz respeito ao número e altura de plantas e altura de espigas, pois as plantas já estão formadas. Efeito semelhante pode ser notado no estágio 6 (Tabela 9). Embora não tenha havido interação significativa para doses dentro de cada herbicida, houve diferenças para doses e para herbicidas. Neste último caso, pode-se observar efeito não significativo para o peso de 1000 grãos.

Os valores de coeficiente de variação (c.v.) encontrados mostraram uma precisão média de 11,3% , 14,51% e 13,95% respectivamente, para os estádios 1, 4 e 6. Portanto, encontram-se dentro da faixa de valores encontrada por Lunkes (1996) e Alves (1999).

Nas Figuras 3, 4 e 5 estão apresentadas, respectivamente, as curvas de regressão referentes às variáveis analisadas, em função das doses dos herbicidas utilizados nos três estádios de desenvolvimento da cultura do milho. Na Figura 3, estágio 1, observou-se, para o número de plantas que, tanto para 2,4-D, como para a mistura deste herbicida com sulfosate, não houve efeito significativo entre as doses. Para o herbicida sulfosate, pode-se notar redução linear decrescente, à medida que se aumentou a dose. Nenhuma das demais variáveis foi afetada pelo uso do herbicida 2,4-D o qual não apresentou diferenças estatísticas entre as doses. Os tratamentos efetuados com os herbicidas sulfosate e sua mistura com 2,4-D prejudicaram o desenvolvimento normal das plantas afetando todas as outras variáveis analisadas. Seus efeitos danosos ocorreram partir da menor dose (2%), quando comparado com a testemunha (dose 0), chegando a reduzir o peso de grãos em 3,20 e 1,60 toneladas por hectare, respectivamente, para 2,4-D + sulfosate e sulfosate aplicado sozinho, (Figura 3).

O sulfosate age de forma sistêmica, inibindo a rota dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina, reduzindo dessa maneira, a síntese de proteínas. Esse efeito resulta na paralisação do crescimento das plantas

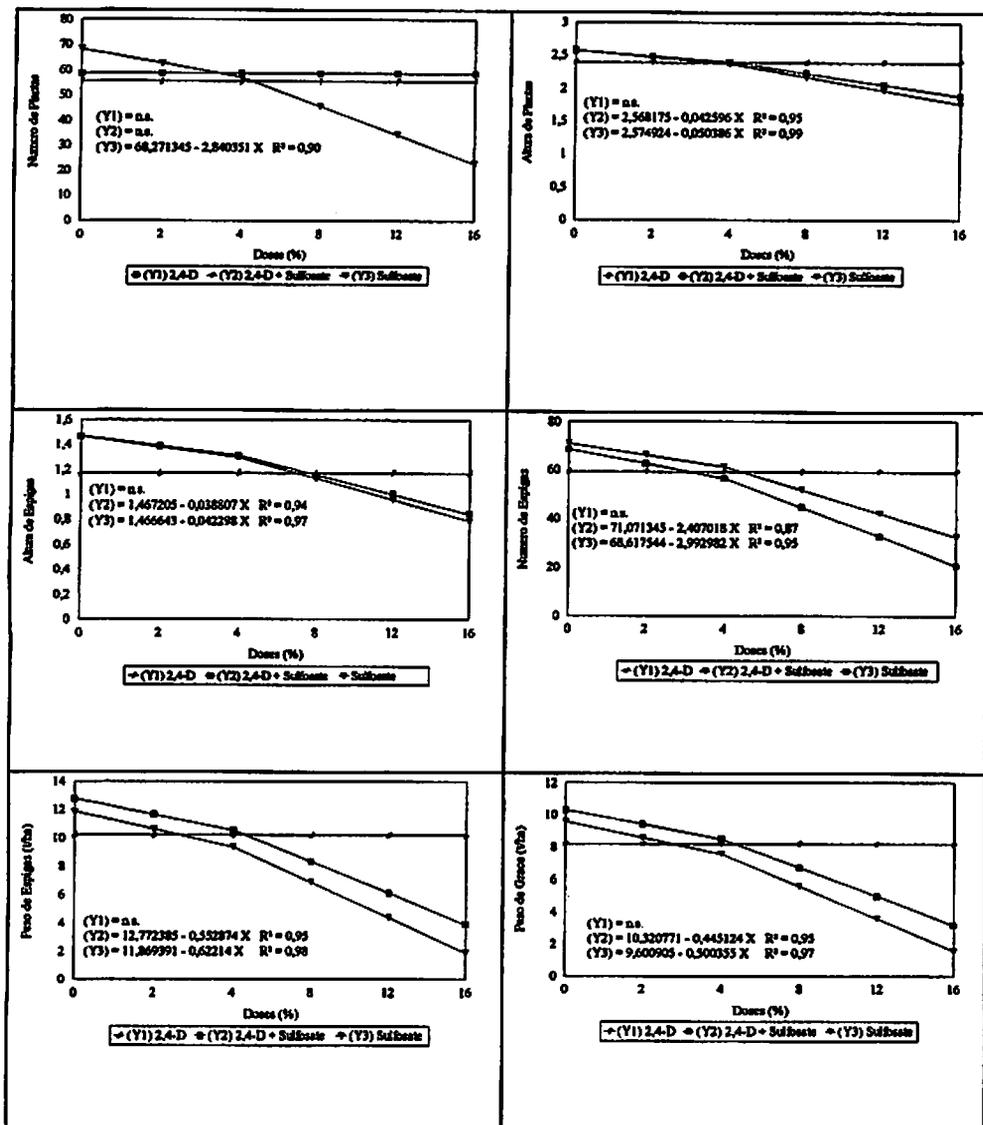


FIGURA 3 Equações de regressão entre as variáveis analisadas da cultura do milho e doses dos herbicidas utilizados no primeiro experimento, fase inicial de desenvolvimento (estádio 1) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

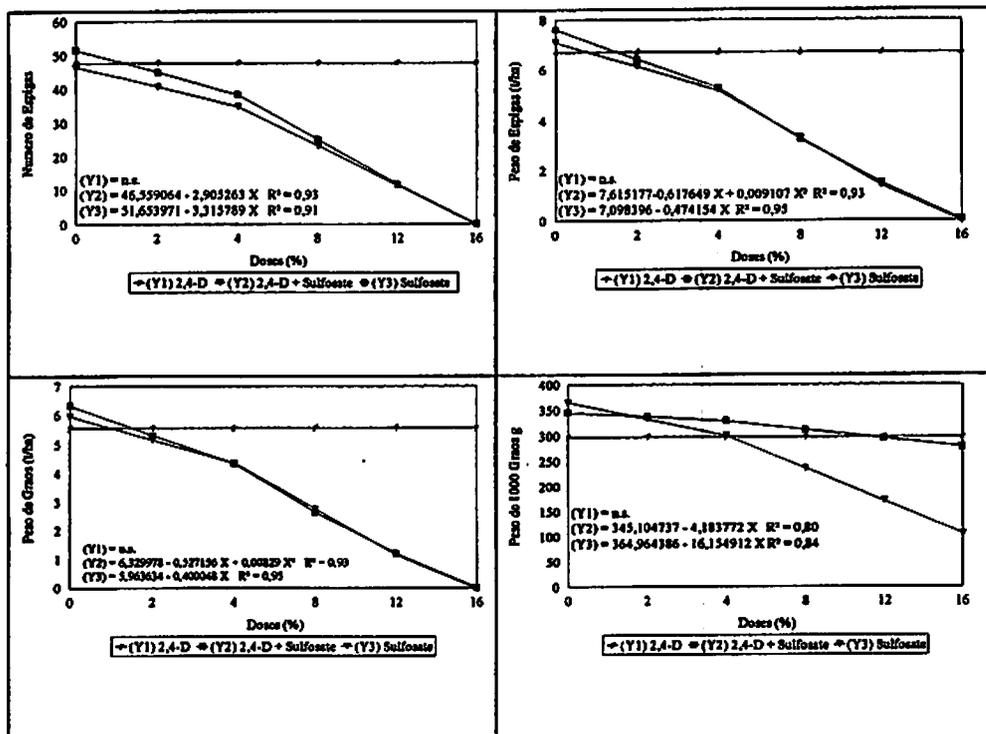


FIGURA 4 Equações de regressão entre as variáveis analisadas da cultura do milho e doses dos herbicidas utilizados no segundo experimento, fase de pré-floração (estádio 4) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

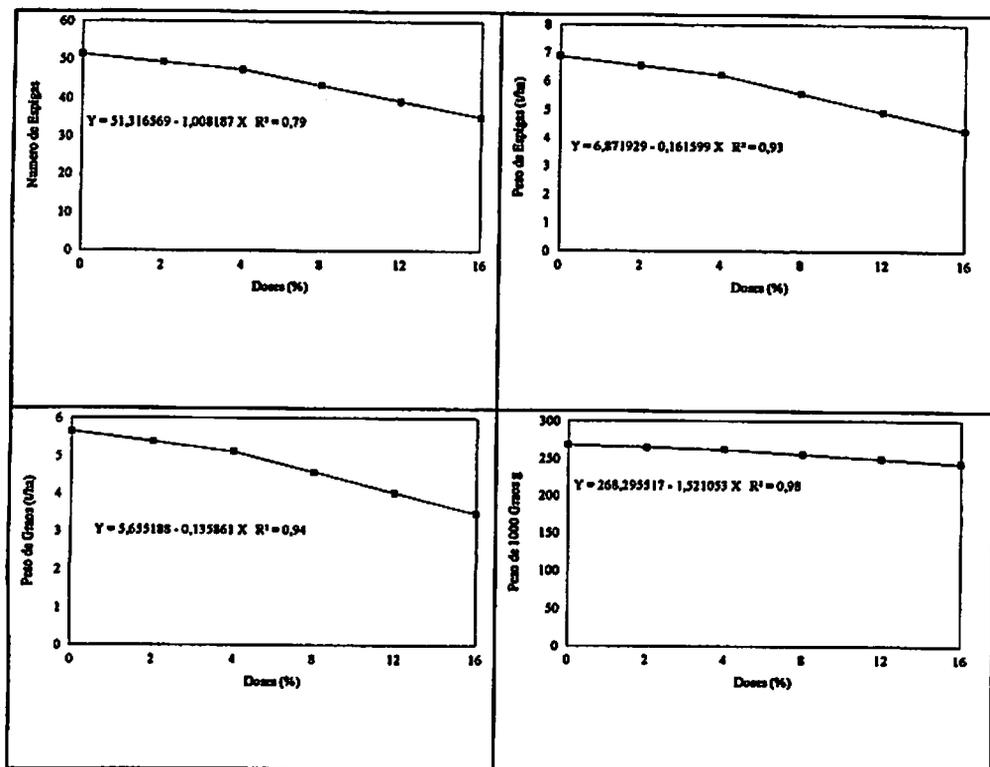


FIGURA 5 Equações de regressão entre as doses utilizadas e as variáveis analisadas da cultura do milho no terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

(Rodrigues & Almeida, 1998). Como o herbicida sulfosate, é não seletivo para a cultura do milho, verifica-se que a cultura foi afetada negativamente por ele, tendo como consequência a diminuição do número de plantas. Este efeito também foi observado, mesmo quando foi utilizada a mistura dos herbicidas, indicando um efeito antagônico com sulfosate. A ação da mistura nesse estágio inicial é sempre menos danosa à cultura do que a ação observada para sulfosate isolado.

No estágio 4, houve diferença somente para o número e peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos. O comportamento dos herbicidas com suas respectivas doses em relação a essas variáveis estão apresentadas na Figura 4.

Pode-se notar que a mistura de 2,4-D + sulfosate e sulfosate aplicado isoladamente proporcionaram efeitos bem mais drásticos para as variáveis em questão. Ambas apresentaram reduções lineares para o número de espigas e reduções quadráticas e lineares para o peso de espigas e peso de grãos; nesse caso, quanto maiores as doses utilizadas destes herbicidas, maiores reduções puderam ser observadas. Para o peso de 1000 grãos, notou-se também que ocorreram reduções lineares à medida em que as doses de sulfosate e da mistura aumentaram. Neste estágio de pré-floração da cultura do milho, ficou evidenciado, da mesma maneira que, para o estágio 1, o herbicida 2,4-D não apresentou efeito significativo sobre as variáveis analisadas, não afetando o desenvolvimento normal da cultura.

Comparando-se o estágio 1 com o estágio 4, pode-se observar que, embora tenha ocorrido redução das variáveis analisadas, à medida em que as doses dos herbicidas foram aumentadas, no estágio 4 essas reduções foram mais drásticas. Com exceção do peso de 1000 grãos, chegaram a atingir valores nulos, com doses de 16%. Dessa maneira, pode-se inferir que, no primeiro caso, as plantas submetidas à deriva de herbicidas apresentaram uma certa recuperação. Com isso, todas as variáveis, inclusive o rendimento (produtividade), não foram tão severamente prejudicadas, como ocorrido no estágio 4. Apesar de ter ocorrido tal efeito dos herbicidas nesses dois estágios o mesmo não foi observado por Alves (1999). Este autor, apesar de trabalhar com herbicidas glyphosate e oxyfluorfen e a mistura dos dois, simulando deriva na cultura do milho, observou maiores injúrias no estágio 1. Tal efeito também não foi observado por Al-Khatib et al. (1993b). Trabalhando com aplicações de 2,4-D e glyphosate em *Vitis vinefera*, estes autores verificaram que houve somente

sintoma de 2,4-D isoladamente. Este fato é atribuído, pelos autores, à severidade do efeito do 2,4-D, em função da alta dose aplicada.

Como observado na Tabela 9, no estádio 6, não foi verificada interação significativa de doses x herbicidas. Diferenças ocorreram somente para herbicidas em relação ao número e peso de espigas e peso de grãos e de doses em relação a essas variáveis mais o peso de 1000 grãos. Para as demais variáveis, não foi verificado efeito significativo, pois, como mencionado, as plantas já estavam totalmente formadas, evoluindo para o final do ciclo. Dessa forma, pode-se observar, na Figura 5, as equações de regressão somente do efeito das doses em relação às variáveis mencionadas. Notaram-se reduções lineares à medida em que houve aumento das doses, até o nível de 16%. Esta foi a redução mais prejudicial, tendo a produtividade (peso de grãos t/ha) ficado em torno de 3,5 toneladas.

Os resultados apresentados para os três estádios de desenvolvimento da cultura do milho mostraram, no primeiro ano, que a deriva dos herbicidas, (exceto o 2,4-D aplicado isoladamente), apesar de afetar a cultura, foi mais prejudicial no estádio 4 (fase de pré-floração). Isto pode ser devido ao fato de que, nesse estádio, segundo Fancelli & Dourado Neto (1996), o crescimento em extensão das raízes é decisivamente influenciado pelo suprimento de carboidratos sintetizados e acumulados na parte aérea. A diminuição dessa disponibilidade, bem como a dificuldade de translocação resultam em retração do desenvolvimento radicular da planta, podendo ocorrer queda de produtividade. Este fato pode estar relacionado com o mecanismo de ação do sulfosate. Segundo Kruse et al. (2000), quando ocorre a inibição da enzima EPSPs por este herbicida, isto interfere no controle da entrada de carbono na rota do shiquimato, pelo aumento da atividade da enzima 3-deoxi-D-arabino-heptulose-7-fosfato sintase (DAHPS), que é considerada a enzima reguladora da rota. Com isso, ocorre acúmulo de shiquimato, que representa um

forte dreno de carbono no ciclo de Calvin, reduzindo drasticamente a produção fotossintética de sacarose e, conseqüentemente, a produção.

4.2 Avaliação da aplicação dos herbicidas nos estádios fenológicos 1, 4 e 6 da cultura do milho: segundo ano

Como nos experimentos anteriores, nas Tabelas 4A, 5B e 6B do Anexo estão apresentados, respectivamente, os resumos das análises de variância dos estádios 1, 4 e 6 do desenvolvimento da cultura do milho. Pode-se observar, na Tabela 4A, de acordo com o teste de F, que o milho apresentou o mesmo comportamento do primeiro ano quando submetido à deriva das mesmas concentrações dos herbicidas. A interação foi significativa a 1% para quase todas variáveis analisadas, diferindo apenas para o peso de 1000 grãos. Este não apresentou interação significativa, enquanto que, no primeiro ano, ocorreu interação a 5%.

No estádio 4, as plantas de milho apresentaram comportamento semelhante ao primeiro ano quanto ao efeito dos herbicidas. Porém, houve diferenças para o número de plantas, notando-se que a interação foi significativa. Houve também diferenças tanto para herbicidas quanto para doses; para a variável altura de plantas, houve efeito significativo para as doses. Para as outras variáveis, observou-se que o efeito da deriva dos herbicidas teve comportamento igual àquele observado no primeiro ano, com interação significativa para o número e peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos, não ocorrendo diferenças em relação à altura de espigas.

Na Tabela 6B, pode-se observar que, embora a cultivar de milho utilizada (3123 Ribeiral) tenha sido, para este estádio, diferente daquela usada no primeiro ano, o efeito da deriva dos herbicidas sobre o número e altura de plantas e altura de espigas apresentou o mesmo comportamento verificado no

primeiro ano. Ou seja, não houve efeito significativo para a interação dose x herbicida. Para as demais variáveis analisadas, o efeito da deriva foi diferente em relação ao que ocorreu no primeiro ano. Nota-se que, para o número de espigas, não houve efeito significativo para a interação dose x herbicida, nem para herbicidas e doses. Em relação ao peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos houve interação significativa e diferenças também para herbicidas e doses.

Os resultados referentes às diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas, em função de cada herbicida nos estádios 1, 4 e 6 de desenvolvimento da cultura do milho encontram-se respectivamente, nas Tabelas 10, 11 e 12.

Neste segundo ano de condução dos experimentos as médias das variáveis analisadas em função dos herbicidas apresentaram, em alguns casos, resultados diferentes daqueles observados para o primeiro ano. Como mostrado nas Tabelas 10, 11 e 12, observou-se que, no primeiro experimento, estádio 1, as variáveis altura de plantas e altura de espigas apresentaram comportamento semelhante ao observado no primeiro ano. Para as outras variáveis, o mesmo não aconteceu. Percebe-se que, para o número de plantas, quando se empregou 2,4-D, aplicado isoladamente e em mistura com sulfosate, não houve diferença entre eles. Isso provavelmente se deve a um efeito antagônico, específico nesse caso, sendo sulfosate o herbicida que proporcionou a injúria mais drástica. Para o número e peso de espigas e peso de grãos, o que se pode observar é que a deriva dos herbicidas proporcionou o mesmo efeito com a mistura de 2,4-D + sulfosate e sulfosate aplicado isoladamente, causando maiores prejuízos. O peso de 1000 grãos foi mais afetado pelo sulfosate, embora não tenha havido diferenças estatísticas entre os herbicidas.

TABELA 10 Valores médios dos componentes de produção analisados no primeiro experimento, fase inicial de desenvolvimento da cultura do milho, (estádio I) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

*Variáveis							
Herbicidas	Num. pl.	Alt. Pl.	Alt. Esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.	P. 1000 gr.
Testemunha	61,333 a	2,224 a	1,156 a	60,067 a	9,017 a	7,442 a	297,601 a
2,4-D	60,778 a	2,183 a	1,104 a	55,444 a	8,149 a	6,756 a	294,261 a
2,4-D +sulf.	54,800 a	1,931 b	0,901 b	40,400 b	5,341 b	4,417 b	260,720 a
sulfosate	45,733 b	1,905 b	0,891 b	38,467 b	5,211 b	4,278 b	241,380 a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 11 Valores médios dos componentes de produção analisados no segundo experimento, fase pré-floração, do desenvolvimento da cultura do milho, (estádio 4). (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

*Variáveis							
Herbicidas	Num. Pl.	Alt. Pl.	Alt. Esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.	P. 1000 gr.
Testemunha	63,889 a	2,134 a	1,109 a	54,867 a	7,272 a	5,961 a	266,570 a
2,4-D	62,877 a	2,107 ab	1,106 a	54,222 a	7,092 a	5,826 a	266,062 a
2,4-D +sulf.	54,400 b	2,037 b	1,089 a	32,867 b	3,987 b	3,238 b	241,466 b
Sulfosate	45,800 c	2,017 b	1,085 a	30,800 b	3,715 b	3,010 b	202,598 c

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 12. Valores médios médios dos componentes de produção analisados no terceiro experimento, fase de enchimento de grãos da cultura do milho (estádio 6), (Dezembro 99 a junho 2000). UFLA, Lavras-MG, 2002.

*Variáveis							
Herbicidas	Num. pl.	Alt. Pl.	Alt. Esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.	P. 1000 gr.
Testemunha	73,889 a	2,240 a	1,249 a	50,667 a	7,925 a	6,614 a	230,670 a
2,4-D	73,067 a	2,205 a	1,248 a	48,667 a	6,816 a	5,665 a	228,095 a
2,4-D + sulf.	72,133 a	2,198 a	1,246 a	45,800 a	5,389 b	4,354 b	206,047 b
sulfosate	71,133 a	2,198 a	1,242 a	45,600 a	5,168 b	4,130 b	193,333 b

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

No segundo experimento, estágio 4 (Tabela 11), as médias observadas para o número de plantas em relação aos herbicidas tiveram valores bem diferentes entre si. O 2,4-D proporcionou a maior média e o sulfosate o extremo oposto, causando a menor média entre os herbicidas estudados. Para as demais variáveis, o efeito dos herbicidas apresentou o mesmo comportamento. Esse efeito foi igual ao ocorrido no primeiro ano, com exceção do peso de 1000 grãos, que foi igual ao número de plantas com o herbicida 2,4-D, que proporcionou a maior média.

Embora resultados diferentes tenham sido observados para algumas variáveis nos dois primeiros experimentos, quando comparados com o primeiro ano, constatou-se mais uma vez, que 2,4-D foi o herbicida que proporcionou os melhores resultados. Comprova-se, mais uma vez, o que foi mencionado anteriormente, ou seja, que, por ser um herbicida hormonal, ele pode estar agindo de modo a estimular o desenvolvimento das plantas, fazendo com que, no primeiro estágio, haja recuperação das plantas injuriadas. No segundo estágio de desenvolvimento do milho, uma vez que as plantas já estavam praticamente desenvolvidas, talvez esse herbicida atuasse de forma diferente causando maiores prejuízos à cultura. Porém, tal fato não foi observado nos dois anos experimentais, quando também nesse estágio, foi o que melhor se destacou entre os herbicidas, proporcionando as melhores médias. Para o herbicida sulfosate, notou-se que ele provocou os efeitos mais drásticos na cultura. Com sua aplicação, obtiveram-se sempre as menores médias para a produtividade do milho, seja no primeiro estágio como no segundo, tanto no primeiro quanto no segundo ano. As produtividades, no segundo ano, foram de 4,278 t ha⁻¹ no estágio inicial e de 3,010 t ha⁻¹ no estágio de pré-floração. Ficou mais uma vez comprovado, que o estágio de pré-floração foi o mais susceptível aos efeitos da deriva dos herbicidas.

No estádio 6 (Tabela 12), observou-se que o efeito da deriva dos herbicidas apresentou o mesmo comportamento para o número e altura de plantas e altura de espigas, não diferindo estatisticamente para essas variáveis. Esse comportamento também foi observado no ano anterior. Em relação ao número de espigas, também não ocorreu diferença estatística entre os herbicidas. Contudo, esse efeito foi diferente daquele observado no ano anterior nesse mesmo estádio, quando não houve diferença entre a mistura dos herbicidas e o sulfosate aplicado isoladamente. O peso de espigas e o peso de grãos também apresentaram comportamento diferente do verificado no ano anterior. No presente estádio, o 2,4-D foi o que proporcionou as maiores médias, seguidas, neste caso, pela mistura dos herbicidas e de sulfosate, que causou maiores injúrias para essas variáveis com a produção de grãos (produtividade) ficando em torno de 4,130 t ha⁻¹. Para o peso de 1000 grãos não houve diferença entre a mistura dos herbicidas e sulfosate; mais uma vez o destaque foi para 2,4-D. Nesse estádio as diferenças observadas, em comparação ao primeiro ano, podem ser devidas a utilização de cultivares diferentes, pois no ano anterior utilizou-se a cultivar C-435 e, nesse, a cultivar R-3123. Porém, mesmo trabalhando-se com essas cultivares, ficaram explícitos os efeitos benéficos quando se usou o herbicida 2,4-D e os efeitos maléficos quando se usou sulfosate aplicado de forma isolada ou, em alguns casos, quando em mistura com 2,4-D.

Embora a produtividade tenha sido reduzida pela utilização de sulfosate, ficou evidenciado que esta produtividade não foi menor do que aquela que ocorreu no estádio 4. Ficou, portanto, evidenciado que o referido estádio foi o mais susceptível aos efeitos de subdoses dos herbicidas.

Nas Tabelas 13, 14 e 15 estão apresentados, respectivamente, os resumos das análises de variâncias do desdobramento da interação dose x herbicida para os estádios 1, 4 e 6 de desenvolvimento da cultura do milho.

TABELA 13 Resumo da análise de variância do desdobramento de dose dentro de herbicidas (Dose d./Herbicidas), para todas as variáveis analisadas no primeiro experimento, fase inicial (estádio I) (dezembro 1999 a junho 2000), UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO									
F. V.	G. L.	Num. pl. ¹	Alt. pl. ²	Alt. esp. ³	Num. esp. ⁴	Peso esp. ⁵	Peso gr. ⁶	P. 1000 gr. ⁷	
Bloco	2	25,4074	0,0211	0,0095	302,0000	7,3351	4,8324	8857,8900	
Herbicida	2	594,7407**	0,3349**	0,2284**	1300,0556**	44,6593**	30,8798**	9514,4106*	
Dose	5	741,7519**	0,2446**	0,1634**	1489,6778**	30,3210**	20,2601**	13584,9549**	
Dose d./H1	5	59,0333 ns	0,0073 ns	0,0111 ns	147,9222ns	4,7851 **	3,2017 **	-	
Dose d./H2	5	126,0556 ns	0,1980**	0,1228**	1157,7333**	28,0222**	18,9464**	-	
Dose d./H3	5	1052,7222**	0,2141**	0,1466**	1319,4222**	30,4163**	20,6631**	-	
Resíduo	34	55,8584	0,0112	0,0074	60,2941	1,0857	0,7851	2791,2796	
Média geral		55,0926	2,0470	1,0030	47,8333	6,7939	5,6084	271,1827	
C.V (%)		13,57	5,17	8,56	16,23	15,34	15,80	19,48	

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F
 ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F

TABELA 14 Resumo da análise de variância do desdobramento de dose dentro de herbicidas (Dose d./Herbicidas), para todas as variáveis analisadas no segundo experimento, fase de pré-floração (estádio 4) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

F. V.	G. L.	Num. pl. ¹	Alt. pl. ²	Alt. esp. ³	Num. esp. ⁴	Peso esp. ⁵	Peso gr. ⁶	P. 1000 gr. ⁷
Bloco	2	46,2222	0,0855	0,0262	1,4074	3,9895	2,0763	1002,6013
Herbicida	2	774,0556**	0,0184ns	0,0006 ns	2073,0185**	44,9490**	31,2587**	12758,4925**
Dose	5	736,7000**	0,0402**	0,0020 ns	1669,2630**	29,1746**	20,8704**	13683,1289**
Dose d./H1	5	44,6222 ns	- ns -	- ns -	49,5556 ns	1,5155 ns	1,0845 ns	135,7372 ns
Dose d./H2	5	182,2667**	- ns -	- ns -	1040,6333**	19,7332**	13,6811**	883,7072**
Dose d./H3	5	1054,7222**	- ns -	- ns -	1497,2889**	26,6262**	18,3320**	32859,8782**
Resíduo	34	21,3595	0,0077	0,0028	48,7015	1,3584	0,8826	192,0698
Média geral		55,9444	2,0672	1,0957	41,8704	5,3412	4,3621	241,7422
C.V (%)		8,26	4,25	4,82	16,67	21,82	21,54	5,73

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F
 **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F

TABELA 15 Resumo da análise de variância do desdobramento de dose dentro de herbicidas (Dose d./Herbicidas), para todas as variáveis analisadas no terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO									
F. V.	G. L.	Num. pl. ¹	Alt. pl. ²	Alt. esp. ³	Num. esp. ⁴	Peso esp. ⁵	Peso gr. ⁶	P. 1000 gr. ⁷	
Bloco	2	455,7963	0,1693	0,0771	126,3519	3,3041	2,9957	1831,0194	
Herbicida	2	0,5741 ns	0,0139 ns	0,0055 ns	6,1296 ns	2,8463*	2,7504*	3619,3069**	
Dose	5	72,6963 ns	0,0122 ns	0,0064 ns	48,9074 ns	10,8843**	8,6811**	2560,1046**	
Dose d./H1	5	- ns -	- ns -	- ns -	- ns -	2,0063*	1,4562*	37,6409 ns	
Dose d./H2	5	- ns -	- ns -	- ns -	- ns -	8,5087**	6,9687**	1764,4913**	
Dose d./H3	5	- ns -	- ns -	- ns -	- ns -	11,5975**	8,9284**	2445,6575**	
Resíduo	34	31,7963	0,0193	0,0094	49,2734	0,7224	0,5419	385,1812	
Média geral		72,4074	2,2069	1,2459	47,3519	6,1467	5,0329	212,7439	
C.V (%)		7,79	6,29	7,79	14,82	13,83	14,63	9,23	

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F
 **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F

- ns - Interação não significativa

- Interação não significativa, mas doses e herbicidas significativos

No estágio 1, verificou-se efeito significativo de doses dentro do herbicida 1 (2,4-D) somente para o peso de espigas e peso de grãos, não havendo efeito desse herbicida para as demais variáveis. O efeito de doses dentro do herbicida 2 somente não foi significativo para o número de plantas e, para o herbicida 3, observaram-se diferenças em quase todas as variáveis analisadas, com exceção para o peso de 1000 grãos. Nesse caso, foram verificadas diferenças somente entre doses e herbicidas, pois a interação não foi significativa.

No estágio 4 (Tabela 14), observou-se comportamento muito parecido com o que foi visto para este estágio no ano anterior, diferindo apenas para o número e altura de plantas. Como houve interação para o número de plantas, nota-se que somente ocorreu efeito de doses dentro dos herbicidas 2 e 3; já para a variável altura de plantas, houve diferença significativa somente para doses.

O efeito da deriva dos herbicidas no estágio 6 (Tabela 15), apresentou o mesmo comportamento para o número e altura de plantas e altura de espigas, igual também ao que ocorreu no ano anterior, mesmo sendo uma cultivar diferente. Em relação às demais variáveis, o mesmo comportamento não foi observado, não tendo havido diferenças no número de espigas, pois a interação para essa variável não foi significativa. No que diz respeito ao peso de espigas e peso de grãos, observou-se que o efeito de dose dentro de cada herbicida foi significativo, ocorrendo o mesmo para o peso de 1000 grãos, exceto o efeito de doses dentro do herbicida 1 (2,4-D).

Os valores de coeficiente de variação (c.v.) encontrados mostraram uma precisão média de 13,45%, 11,87% e 10,63%, respectivamente, para os estádios 1, 4 e 6. Da mesma maneira que para o ano anterior, esses valores estão de acordo com os encontrados por Lunkes (1996) e Alves (1999).

Nas Figuras 6, 7 e 8 estão apresentadas as curvas de regressão referentes às variáveis analisadas em função das doses dos herbicidas utilizados nos três estádios de desenvolvimento da cultura do milho.

Na Figura 6, estágio 1, observou-se, para o número de plantas, que tanto para 2,4-D como para a mistura dos dois herbicidas, não houve efeito significativo entre as doses. Para o herbicida sulfosate, pode-se notar redução linear, à medida em que a dose foi aumentada. Para a altura de plantas, altura de espigas e número de espigas, notou-se que não houve diferença estatística quando se aplicou 2,4-D isoladamente. Esse comportamento também foi semelhante ao que aconteceu no primeiro ano. Porém, ao observar o peso de espigas e peso de grãos, estes foram influenciados pelo herbicida 2,4-D, apresentando curvas de regressão quadrática. Até a dose de 8%, verificou-se um aumento dessas variáveis, chegando a atingir valores de produção de grãos próximos de 8 t/ha. A partir de 12% foram observadas reduções, tanto para o peso de grãos como para o peso de espigas, com produtividade caindo para 7,4 t/ha na dose de 16%. Esse fato sugere que, até a dose de 8%, o 2,4-D age como hormônio, estimulando o desenvolvimento da planta. Esse já havia sido mencionado e, por isso, até 8%, o herbicida não prejudicou tais variáveis. Os tratamentos efetuados com os herbicidas sulfosate e sua mistura com 2,4-D apresentaram o mesmo comportamento, prejudicando o desenvolvimento normal das plantas, afetando todas as outras variáveis analisadas. Observou-se que as curvas de regressão tiveram comportamento linear, causando danos também com a menor dose (2%). Os danos aumentaram à medida em que as doses foram aumentadas, quando comparados com a testemunha (dose 0), reduzindo a produtividade aos níveis de 1,29 e 0,99 toneladas por hectare, respectivamente, para 2,4-D + sulfosate e sulfosate aplicado sozinho.

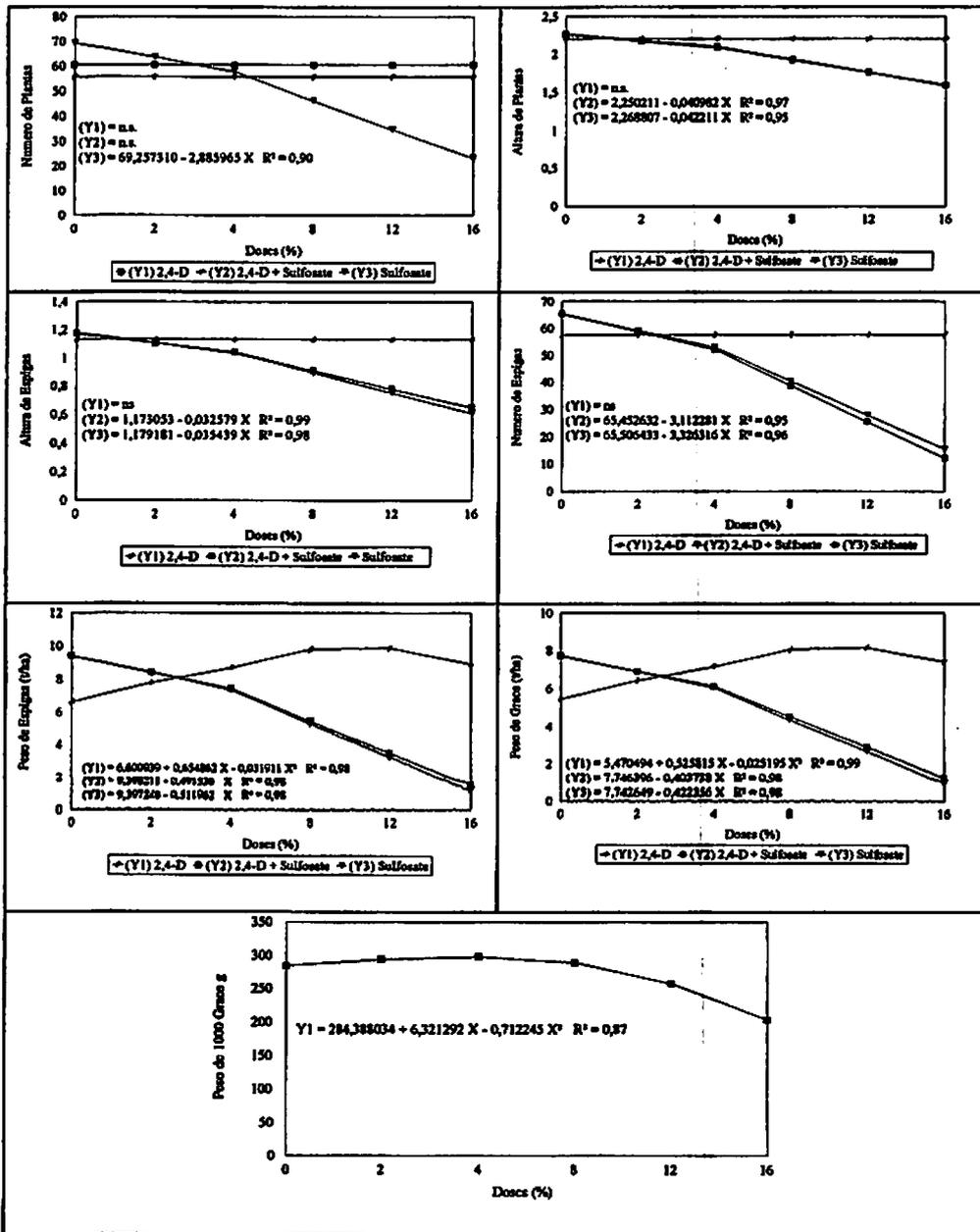


FIGURA 6 Equações de regressão entre as variáveis analisadas da cultura do milho e doses dos herbicidas utilizadas no primeiro experimento, fase de inicial de desenvolvimento (estádio 1) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

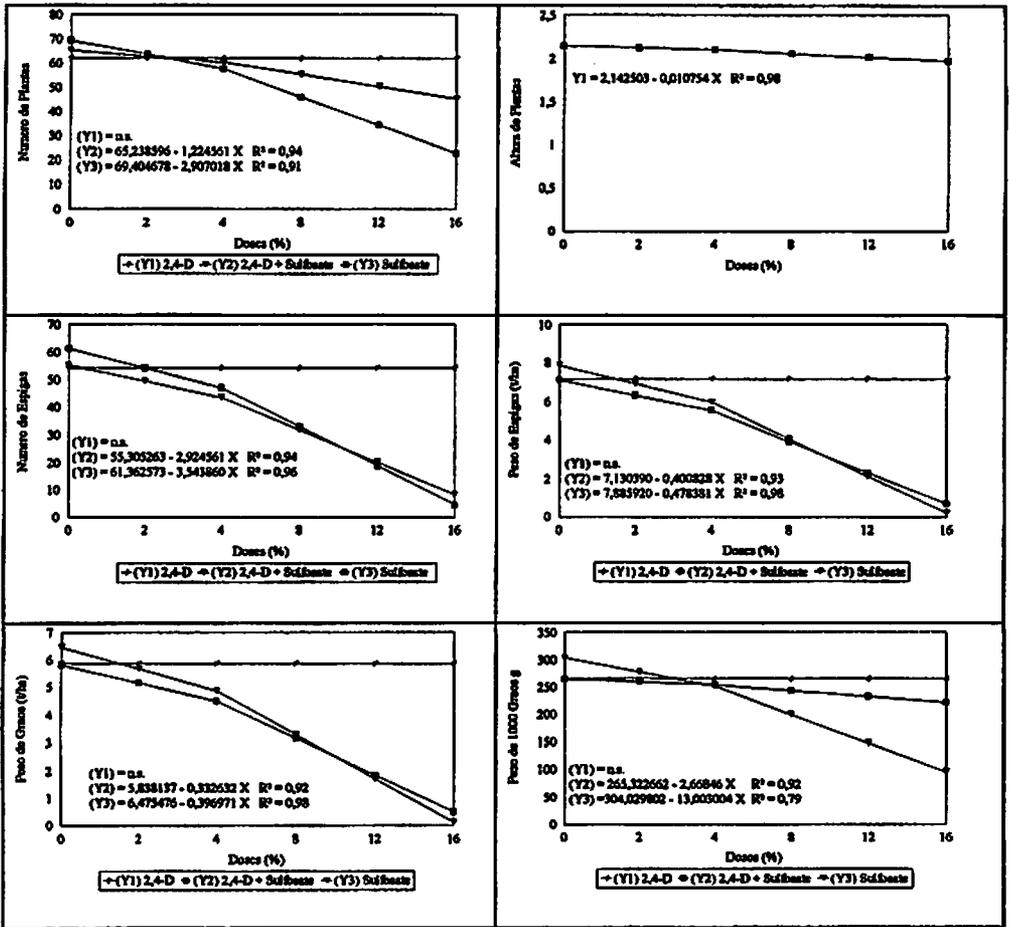


FIGURA 7 Equações de regressão entre as variáveis analisadas da cultura do milho e doses dos herbicidas utilizadas no segundo experimento, fase de pré-floração (estádio 4) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

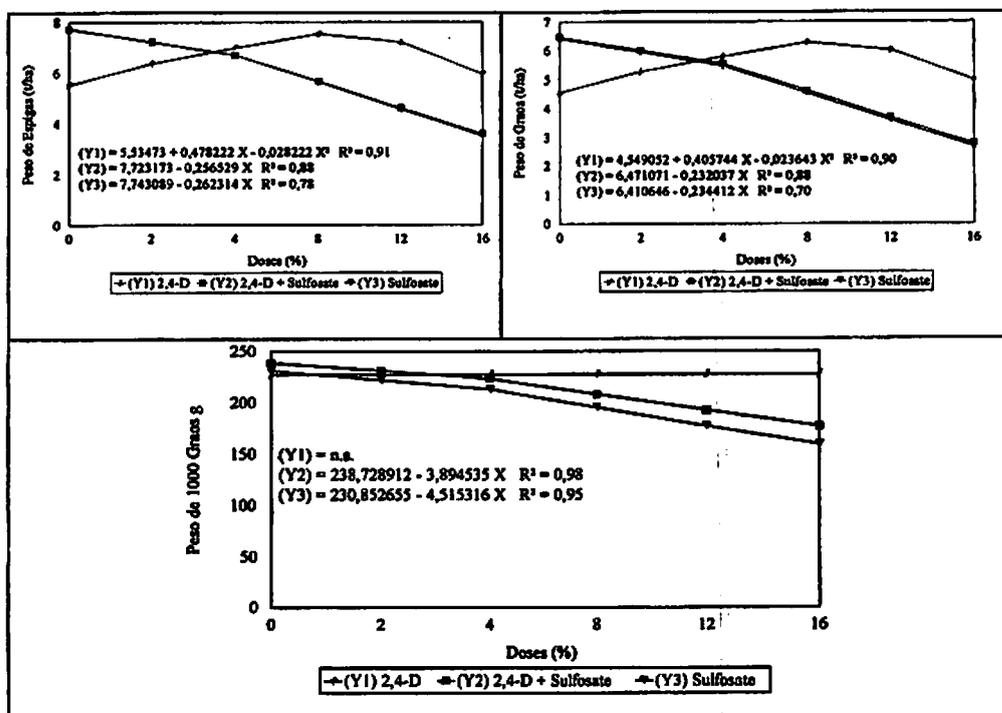


FIGURA 8 Equações de regressão entre as variáveis analisadas da cultura do milho e doses dos herbicidas utilizadas no terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

Esse comportamento também ocorreu no primeiro ano, podendo ser explicado da mesma maneira. O sulfosate, agindo de forma sistêmica, reduziu a síntese de proteínas, resultando na paralisação do crescimento das plantas, sugerindo que a cultura foi prejudicada, tendo como consequência até mesmo a diminuição do número de plantas (Rodrigues & Almeida, 1998). Para o peso de 1000 grãos, nesse segundo ano, ocorreram diferenças somente entre as doses aplicadas. Observou-se que, independente dos herbicidas aplicados, ocorreram reduções à medida em que as doses foram aumentadas, seguindo modelo de equação quadrática.

No estágio 4, como no ano anterior, também houve diferença para o número e peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos. Porém, para o número e altura de plantas, ocorreu comportamento diferente daquele observado no primeiro ano quando aconteceu diferença de dose dentro dos herbicidas sulfosate e sua mistura com 2,4-D, e, para altura de plantas, houve somente efeito de doses.

Os resultados do desdobramento das interações, significativas, podem ser observados na Figura 7. Pode-se notar que o efeito da mistura de 2,4-D + sulfosate e sulfosate aplicado isoladamente prejudicou severamente as variáveis apresentadas nessa Figura, ocorrendo sempre reduções lineares com o aumento das doses. Nesta fase de pré-floração, podem-se observar quedas mais acentuadas do que aquelas que aconteceram no estágio 1. Essas quedas ocorreram à medida em que as doses foram aumentadas, para o peso de espigas e peso de grãos (produtividade), quando se utilizou a mistura e sulfosate aplicado de forma isolada. Chegou-se a atingir valores, respectivamente, de 0,72 e 0,23 t/ha para o peso de espigas e de 0,52 e 0,12 t/ha para o peso de grãos, na dose de 16%. Para o peso de 1000 grãos, nota-se também, que ocorreram reduções lineares à medida em que as doses de sulfosate e da mistura aumentaram. Em relação à altura de plantas, como houve somente efeito de doses, observou-se redução linear a medida em que as doses aumentaram, atingindo valor de 1,97 metros de altura com a dose de 16%, representando uma pequena redução de 8%. Neste estágio de desenvolvimento do milho, fica evidenciado, da mesma maneira que para o estágio 1, que o herbicida 2,4-D não apresentou efeito significativo para as variáveis analisadas, não afetando o desenvolvimento normal dessas variáveis.

Comparando-se novamente o estágio 1 com o estágio 4, neste segundo ano, observa-se que, embora tenha ocorrido redução das variáveis analisadas, à medida em que as doses dos herbicidas foram aumentadas, no estágio 4, essas

reduções novamente foram mais severas. Da mesma forma que no primeiro ano, pode-se inferir que, no estágio 1, as plantas submetidas à deriva de herbicidas apresentaram uma certa recuperação. Com isso, todas as variáveis, inclusive o rendimento (produtividade), não foram tão severamente prejudicadas, como o ocorrido no estágio 4.

Do mesmo modo que aconteceu no primeiro ano, a Tabela 6A, (Anexos), estágio 6, mostra que não foi verificada interação significativa de doses x herbicidas, para o número e altura de plantas, assim como altura de espigas. Porém, para este estágio, nesse segundo ano, também não houve interação significativa para o número de espigas. Para o peso de espigas e peso de grãos, houve interação significativa e, para o peso de 1000 grãos, não houve diferença entre doses dentro do herbicida 1 (2,4-D). Dessa forma pode-se observar na Figura 8, as equações de regressão entre doses e herbicidas utilizados, somente para o peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos. Verificam-se equações quadráticas para o herbicida 2,4-D em relação ao peso de espigas e peso de grãos, ocorrendo aumento até a dose de 8%, decrescendo a partir da dose de 12%. Nos estádios 1 e 3, no segundo ano de condução experimental, as subdoses de 2,4-D proporcionaram aumento nas variáveis peso de espigas e peso de grãos (rendimento t/ha), até a dose de 8%. Doses maiores que esta causaram reduções das variáveis mencionadas. Provavelmente, isso se deve, como citado nos estádios anteriores, ao efeito hormonal que o 2,4-D pode apresentar em baixas concentrações. Para a mistura de 2,4-D + sulfosate e sulfosate aplicado de forma isolada, ocorreram reduções lineares à medida em que aumentaram as doses desses herbicidas para estas variáveis. Porém, não foram tão severas quanto as observadas no estágio 4. Para o peso de 1000 grãos, não houve efeito de 2,4-D, ocorrendo, para os outros herbicidas, diferenças significativas com reduções lineares à medida em que houve aumento das doses até o nível de 16%, sendo esta a subdose mais prejudicial.

Comparando-se o comportamento dos herbicidas nos dois anos de avaliação, os resultados apresentados, para os três estádios de desenvolvimento da cultura do milho, mostraram que a deriva dos herbicidas, exceto para o 2,4-D aplicado isoladamente, apesar de afetar a cultura, foi mais prejudicial no estádio 4 (fase de pré-floração). Esse fato pode ser explicado da mesma maneira como mencionado para o primeiro ano onde nesse estádio. Segundo Fancelli & Dourado Neto (1996), o crescimento em extensão das raízes é decisivamente influenciado pelo suprimento de carboidratos sintetizados e acumulados na parte aérea e que, da mesma forma, interfere na rota do shiquimato, ocasionando os mesmos processos.

4.3 Ensaio em casa de vegetação

4.3.1 Absorção do sulfosate pelas plantas de milho

A influência do tempo decorrido após a aplicação de 10% da dose recomendada de sulfosate, na atividade da EPSPs, pode ser descrita por uma equação quadrática ($Y = 0,8016 - 0,0094 X + 0,00004 X^2$, $R^2 = 0,96$) (Figura 9). A análise desta equação mostrou que o sulfosate reduziu a atividade da EPSPs em 25,20%, 44,50%, 57,92% e 65,44%, em 24h, 48h, 72h e 96h, respectivamente, após a aplicação do produto. Portanto, 24 horas após a aplicação de uma subdose de 10% de sulfosate na superfície foliar, o herbicida conseguiu atingir o cloroplasto, organela onde está localizada a enzima EPSPs, (Kruse et al., 2000). Quarenta e oito horas após a aplicação, a atividade da EPSPs foi reduzida praticamente à metade (44,5%) do valor observado nas plantas-controle (testemunhas) não tratadas com o herbicida.

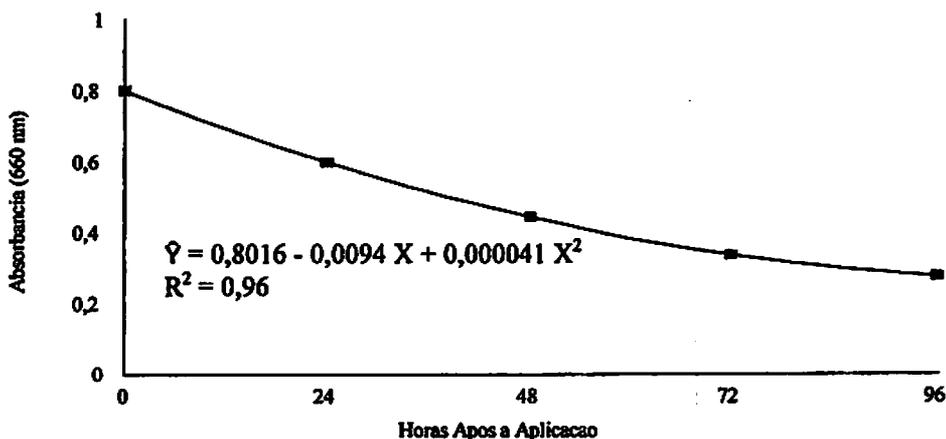


FIGURA 9 Efeito de uma subdose de 10% de sulfosate na atividade da EPSPs em função do intervalo de tempo decorrido desde a aplicação foliar do herbicida, EMBRAPA/CNPMS, Sete lagoas, MG, 2002.

4.3.2 Efeito de subdoses de sulfosate na atividade da EPSPs

O efeito de várias subdoses de sulfosate na atividade da EPSPs em plantas de milho com 5 a 6 folhas completamente expandidas, 24 horas após a aplicação, aparece na Figura 10. Os valores de absorvâncias representam a inibição da EPSPs pelo herbicida, sendo que, quanto menor este valor, maior a inibição da enzima. Observa-se que a atividade da EPSPs decresceu linearmente ($Y = 1,2340 - 0,056 X$, $R^2 = 0,94$) quando a concentração das subdoses aumentou de 2% para 16%. Estes dados indicam que a subdose de 2% causou uma inibição de 9,08% na atividade da EPSPs, 24 horas após a aplicação do herbicida. A inibição causada pela subdose de 16% foi de 72,61%.

Estes resultados estão de acordo com trabalhos realizados por Singh & Shaner (1998), que verificaram injúrias causadas em plantas não alvo pelo uso de glyphosate. Esses autores relataram que os danos causados foram devidos ao acúmulo de shiquimato pela inibição da enzima EPSPs.

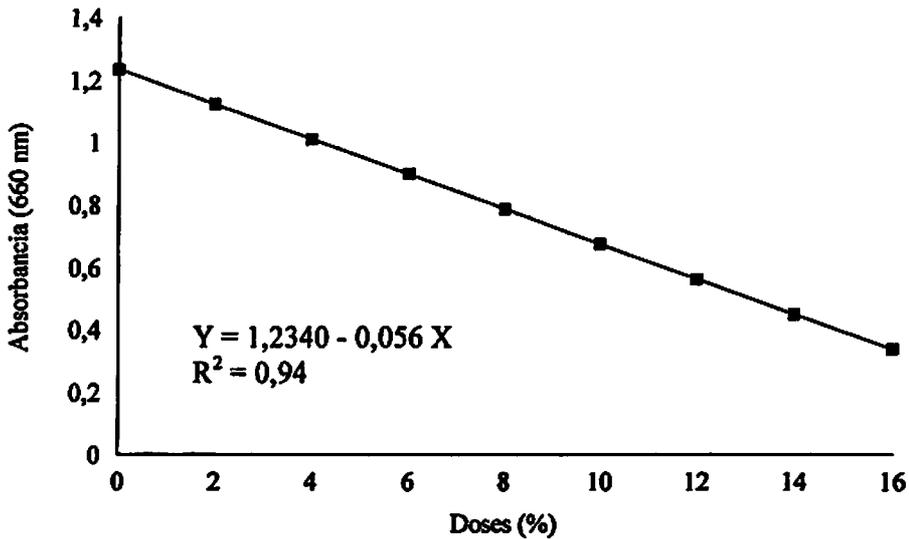


FIGURA 10 Efeito de subdoses de sulfosate na atividade foliar da EPSPs, 24 horas após a aplicação do herbicida. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas, MG, 2002.

O estágio de desenvolvimento da cultura é um fator de importância com relação aos efeitos causados pelo herbicida usado. Trabalho realizado por Hurst (1982), na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum*), mostrou que o estágio inicial de desenvolvimento foi sensível quando se utilizaram bifenox e metribuzin. Também Bailey & Kapusta (1993) mostraram que subdoses de primisulfuron e nicosulfuron, sobre a cultura de soja (*Glycine max*) causaram efeitos danosos no início de desenvolvimento da cultura.

4.3.3 Avaliações visuais de fitotoxicidade das plantas de milho

Os valores médios de fitotoxicidade, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (D.A.A.), podem ser observados na Figura 11.

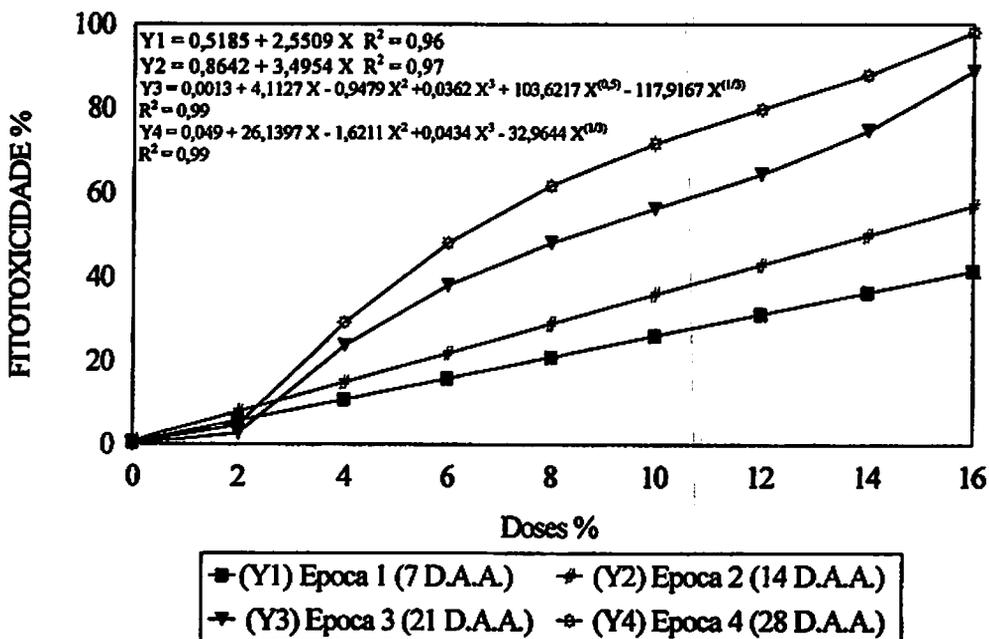


FIGURA 11 Equações de regressão entre subdoses de sulfosate e as respectivas respostas de injúrias (%), com avaliações aos 7, 14, 21 e 28 D.A.A. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas, MG, 2002.

Nas avaliações realizadas aos 7 e 14 D.A.A. houve aumento linear de fitotoxicidade, à medida que as subdoses foram aumentadas. O mesmo comportamento pode ser observado para as avaliações aos 21 e 28 D.A.A., porém, os modelos de equação foram de raiz cúbica.

Verificou-se que, nas avaliações realizadas aos 21 e 28 dias após a aplicação, o efeito fitotóxico foi maior, atingindo, nas doses de 14% e 16%, valores de 74,64% a 88,77%, aos 21 dias e de 87,91% e 97,98% aos 28 dias após a aplicação do herbicida.

Estes efeitos de fitotoxicidade, devidos ao mecanismo de ação do sulfosate, são perceptíveis apenas alguns dias após a aplicação, como citado por Ahrens (1994) e Rodrigues & Almeida (1998). Por este motivo, o tratamento com sulfosate apresentou menor efeito fitotóxico nas primeiras avaliações. Estes

resultados indicam que os efeitos de tratamentos com subdoses de herbicidas simulando deriva são dependentes do herbicida, da dose e do estágio de desenvolvimento da cultura no momento da aplicação (Eberlein & Guttieri, 1994).

Embora as avaliações de fitotoxicidade sobre as plantas de milho em casa de vegetação tenham sido realizadas com várias doses de sulfosate e nas épocas 7, 14, 21 e 28 D.A.A., a Figura 12 mostra, apenas para um melhor efeito de comparação de fitotoxicidade, as doses de 4%, 8%, 12% e 16 %, nas épocas de 7 e 28 dias após a aplicação (D.A.A.). O efeito de algumas subdoses dos herbicidas nos três estádios de desenvolvimento das plantas de milho, nos experimentos de campo, encontram-se nas Figuras 13, 14 e 15.



Testemunha x dose 4 % (7 D.A.A.)



Testemunha x dose 4 % (28 D.A.A.)



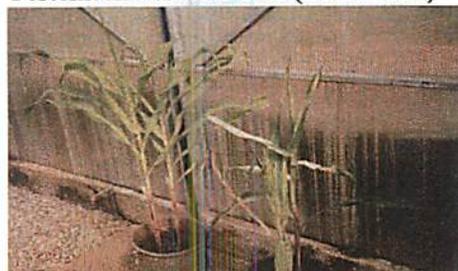
Testemunha x dose 8 % (7 D.A.A.)



Testemunha x dose 8 % (28 D.A.A.)



Testemunha x dose 12 % (7 D.A.A.)



Testemunha x dose 12 % (28 D.A.A.)



Testemunha x dose 16 % (7 D.A.A.)



Testemunha x dose 16 % (28 D.A.A.)

FIGURA 12 Fitotoxicidade de subdoses de sulfosate em casa de vegetação e as respectivas respostas de injúrias (%) da cultura do milho, com avaliações realizadas aos 7 e 28 dias após a aplicação (D.A.A.). EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas, MG, 2002.



Sulfosate 8 %



Sulfosate 16 %



2,4 -D + sulfosate 8 %



2,4 -D + sulfosate 16 %



2,4 - D 8 %



2,4 - D 16 %

FIGURA 13 Fitotoxicidade de subdoses dos herbicidas aplicados no campo e as respectivas respostas de injúrias (%) à cultura do milho, com avaliações realizadas aos 35 dias após a aplicação (D.A.A.), estágio 1. UFLA, Lavras, MG, 2002.



Sulfosate 8 %



Sulfosate 16 %



2,4-D + Sulfosate 8 %



2,4-D + Sulfosate 16 %



2,4-D 16 %

FIGURA 14 Fitotoxicidade de subdoses dos herbicidas aplicados no campo e as respectivas respostas de injúrias (%) à cultura do milho, com avaliações realizadas aos 20 dias após a aplicação (D.A.A.), estágio 2. UFLA, Lavras, MG, 2002.



Sulfosate 8 %



Sulfosate 16 %



2,4-D 8 %



2,4-D 16 %



2,4-D + Sulfosate 16 %

FIGURA 15 Fitotoxicidade de subdoses dos herbicidas aplicados no campo e as respectivas respostas de injúrias (%) à cultura do milho, com avaliações realizadas aos 15 dias após a aplicação (D.A.A.), estágio 3. UFLA, Lavras, MG, 2002.

5 CONCLUSÕES

Em todos os estádios de desenvolvimento da cultura do milho, o efeito da deriva foi diretamente proporcional ao aumento da dose do herbicida aplicado, isoladamente ou em mistura.

O 2,4-D apresentou, nos três estádios avaliados, os menores prejuízos em relação ao desenvolvimento das plantas de milho, sem afetar a cultura.

Os menores prejuízos ocorreram na fase inicial de desenvolvimento do milho, estágio 1, quando comparado aos estádios 4 (pré-floração) e 6 (enchimento de grãos). Houve recuperação das plantas quando a deriva ocorreu no estágio inicial.

As maiores reduções no rendimento de grãos ocorreram na fase de pré-floração, sendo este o estágio mais influenciado pela deriva dos herbicidas.

O sulfosate foi o herbicida mais fitotóxico para a cultura do milho independente da dose, estágio e ano de experimentação, causando as maiores injúrias, nos três estádios de desenvolvimento avaliados e nos dois anos de experimentação.

Quanto maior a subdose utilizada de sulfosate, maior a inibição da atividade da EPSPs. Isso indica uma maior absorção do herbicida, sendo a fitotoxicidade provocada nas plantas de milho proporcional ao aumento dessa inibição.

A atividade da enzima EPSPs pelo sulfosate na subdose de 10% da dose recomendada no controle de plantas daninhas, foi reduzida em 25,20%, 44,5%, 57,92% e 65,44%, respectivamente a 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação foliar do herbicida.

Aos 21 dias após a aplicação foliar em plantas jovens de milho, da dose de 14% e 16 % de sulfosate, observou-se fitotoxicidade na ordem de 74,64% e

88,77%, respectivamente, aumentando para 87,91% e 97,98% aos 28 dias após a aplicação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, W. H. **Herbicide handbbook**. 7 ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352p.
- AL-KHATIB, K.; MINKY, G. I.; REISENAUER, G.; PARKER, R.; WESTBERG, H.; LAMBE, B. Development of a biologically-based system for detection and tracking of airborne herbicides. **Weed Technology**, Champaign, v. 7, n. 2, p. 404-410, Apr./June 1993a.
- AL-KHATIB, K.; PARKER, R.; FUERST, E. P. Foliar absorption and translocation of herbicides from aqueous solution and treated soil. **Weed Science**, Champaign, v. 40, n. 2, p. 281-287. Apr./June 1992a.
- AL-KHATIB, K.; PARKER, R.; FUERST, E. P. Sweet cherry (*Prunus avium*) response to simulated herbicide drift from selected herbicides. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 4, p. 975-979, Oct./Dec. 1992b.
- AL-KHATIB, K.; PARKER, R.; FUERST, E. P. Wine grape (*Vitis vinifera*) response to simulated herbicide drift. **Weed Technology**, Champaign, v. 7, n. 1, p. 97-102, Jan./Mar. 1993b.
- AL-KHATIB, K.; PETERSON, D. Soybean (*Glycine max*) response to simulated drift from selected sulfonylurea herbicides, dicamba, glyphosate, and glufosinate. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, n. 2, p. 264-270, April/June 1999.
- ALMEIDA, C. A. Aplicação aérea de herbicidas em reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, Rio de Janeiro, 1989. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1989. p. irregular.
- ALVES, L. W. R. Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). 1999. 80p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ALVES, P. L. C. A.; TIMOSSI, P. C. Consequences of clomazone drift on production characteristics of hamlin orange. In: THIRD INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, III, Foz do Iguassu, Pr, 2000. **Abstracts...** Foz do Iguassu, Pr. p.242.

- ANDERSSON, L. Characteristics of seeds and seedlings from weeds treated with sublethal herbicide doses. *Weed Research*, Oxford, v. 36, n.1, p. 55-64, Feb. 1996.
- ANDRADE, J. B. de. *A Cultura Do Milho*. Guaxupé: COOXUPÉ, 1992. 64p. (Boletim Técnico).
- AUCH, D. E.; ARNOLD, W. E. Dicamba use and injury on soybeans (*Glycine max*) in South Dakota. *Weed Science*, Champaign, v. 26, p. 471-475, 1978.
- BAILEY, J. A.; KAPUSTA, G. Soybean (*Glycine max*) tolerance to simulated drift of nicosulfuron and primisulfuron. *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 3, p. 740-745, July/Sept. 1993.
- BASTIANI, M. L. R. *Atividade dos herbicidas nicosulfuron e atrazine, em condições de casa de vegetação e de campo*. 1997. 59p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BHATTI, M. A.; AL-KHATIB, K.; PARKER, R. Wine grape (*Vitis vinefera*) response to repeated exposure of selected sulfonylurea herbicides and 2,4-D. *Weed Technology*, Champaign, v. 10, n. 4, p. 951-956, Oct./Dec. 1996.
- BHATTI, M. A.; AL-KHATIB, K.; PARKER, R. Response to fall exposure of simulated drift from selected herbicides. *Weed Technology*, Champaign, v. 11, n. 3, p. 532-536, July/Sept. 1997.
- BODE, L. E. Downwind drift deposits by ground applications. In: PROCEEDINGS OF PESTICIDE DRIFT MANAGEMENT SYMPOSIUM, s. 1., s. d. *Proceedings...* s.1., 1984, p. 49-52.
- BORGES, A. C. *Nodulação e fixação de nitrogênio em soja (Glycine max. L. Merrill) em solo ácido do Rio Grande do Sul: calagem, molibdênio, enxofre, e zinco*. 1973. 80p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CAMPBELL, R. A.; HOWARD, C. A. Priorities for forestry herbicide applications technology research. *Canadian Journal Forestry Research*, Sault S^{te} Marie, v. 23, n. 10, p. 2204-2212, Oct. 1993.

CARVALHO, W. P. A. **Estudo comparativo entre métodos de amostragem de gotas para a determinação de faixa de deposição nas aplicações de produtos líquidos.** 1995. 64p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

CHERNICKY, J. P.; SLIFE, F. W. Effects of sublethal concentrations of bentazon, fluazifop, haloxyfop, and sethoxydim on corn (*Zea mays*). *Weed Science*, Champaign, v. 34, n. 2, p. 171-174, 1986.

CONSTANTIN, J.; MACIEL, C. D. de G.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de. Sistemas de manejo em plantio direto e sua influência sobre herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Brasília, v. 1, n. 3, p. 233-242, jan./abr. 2000.

CULPEPPER, A. S.; GIMENEZ, A. E.; YORK, A. C.; BATTS, R. B.; WILCUT, J. W. Morninglory (*Ipomea* spp.) and Large Crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) control with glyphosate and 2,4-DB mixtures in glyphosate resistant Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, Champaign, v. 15, n. 1, p. 56-61, Jan./Mar. 2001.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: fundamentos.** Jaboticabal, FUNDEP, 1992, 431 p.

DUARTE, N. FREITAS, de. **Determinação do período de competição de plantas daninhas fundamentado nos estádios fenológicos da cultura do milho (*Zea mays* L.).** 2000. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, Rio de Janeiro, 1989. *Anais...* Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1989. p. irregular.

EBERLEIN, C. V.; GUTTIERI, M. J. Potato (*Solanum tuberosum*) response to simulated drift of Imidazolinome herbicides. *Weed Science*, v. 42, n. 1, p. 70-75, Jan./Mar. 1994.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Um meio eficaz no controle de plantas daninhas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 8, n. 87, p. 2. mar. 1982.

- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: fisiologia da produção. In: SEMINÁRIO SOBRE FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO E MANEJO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO DE ALTA PRODUTIVIDADE, 1996, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP/POTAFOS, 1996. P. 1-26.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (eds.). Fenologia do Milho In: _____. Tecnologia da produção do milho. Piracicaba:[s.n.], 1997. p. 131-139.
- FAO (Italy, Rome). Production Yearbook. Roma: [s.n.], 1998, p. 230.
- FOLONI, L. L.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Controle do arroz vermelho através do herbicida sulfosate isolado e em mistura com adjuvantes. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 39-45, 1997.
- FORLANI, G.; PARISI, B.; NIELSEN, E. 5-enol-Pyruvyl-Shikimate-3-Phosphate Synthase from *Zea mays* Cultured Cells. *Plant Physiology*, Washington, v. 105, p. 1107-1114, 1994.
- GEALY, D. R.; BOERBOOM, C. M.; OGG JÚNIOR, A. G. Growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) sprayed with low rates of sulfonylurea and phenoxy herbicides. *Weed Science*, Champaign, v. 43, n. 4, p. 640-647, Oct./Dec. 1995.
- GELMINI, G. A. Herbicidas: indicações básicas. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 334 p.
- GROVER, R.; MAYBANK, J.; YOSHIDA, K. Droplet and vapor drift from butyl ester and dimethylamine salt of 2,4-D. *Weed Science*, Champaign, v. 20, n. 4, p. 320-324, 1972.
- GUIMARÃES, G. L. Comportamento do herbicida Goal no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, Rio de Janeiro, 1989. Anais..., Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1989. p. irregular.
- HEMPHIL Jr., D. D.; MONTGOMERY, M. L. Response of vegetable crops to sublethal application of 2,4-D. *Weed Science*, Champaign, v. 29, p. 632-635, Nov. 1981.

- HENDERSON, C. W. L.; WEBBER, M. J. Phytotoxicity of several pre-emergence and post-emergence herbicides to green beans (*Phaseolus vulgaris*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Gatton, v. 33, n. 5, p. 645-652, 1993.
- HURST, H. R. Cotton (*Gossipium hirsutum*) response to simulated drift from selected herbicides. *Weed Science*, Champaign, v. 30, n. 3, p. 311-315, Mar. 1982.
- HESS, F. D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soil**. West Lafayette, Indiana: Purdue University, 1994, p. 344-365.
- JEFFREY, L. S.; ENGLISH, J. R. The effects of fall application of glyphosate on corn (*Zea mays*), soybeans (*Glycine max*), and johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Science*, Champaign, v. 29, n. 2, p. 190-196, Mar. 1981.
- KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Brasília, v.1, n. 2, p. 139-146, 2000.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. Nova Odessa, SP : Instituto Plantarum, 2000, 608 p.
- LUNKES, J. A. **Efeito de subdoses de glyphosate e oxyfluorfen simulando deriva sobre a cultura do feijoeiro**. 1996. 138p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- LYON, D. J.; WILSON, R. G. Sensity of fieldbeans (*Phaseolus vulgaris* L.) to reduced rates of 2,4-D and dicamba. *Weed Science*, Champaign, v. 34, p. 953-956, 1986.
- MAGALHÃES, P. C.; SILVA, J. B.; DURÃES, F. O. M.; KARAM, D.; RIBEIRO, L. S. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 247-243, 2001.
- MAGALHÃES, P. C.; SILVA, J. B.; DURÃES, F. O. M. Fitotoxicidade de herbicidas aplicados em pós-emergência na fase inicial da cultura do milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 277-284, 2000.

- PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 129, p. 16-17, 1985.
- RATANAYAKE, S.; SHAW, D. R. Effects of harvest-aid herbicides on soybean (*Glycine max*) seed yield and quality. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 3, p. 339-344, Apr./June 1992.
- RICHARD JUNIOR, E. P. Sugarcane (*Saccharum* spp.) response to simulated fluazifop-P drift. **Weed Science**, Champaign, v. 43, n. 4, p. 660-665, Oct./Dec. 1995.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas: contribuição para uso adequado em plantio direto**. 4 ed. Londrina: IAPAR, 1998. 648p.
- RUSSO, V. M. Reaction of tomato cultivars to a sublethal dose of glyphosate. **Hortscience**, Virginia, v. 25, n. 12, p. 1662, 1990.
- SCHRODER, E. P. **Avaliação de deriva e deposição de pulverizações aéreas na região sul do Rio Grande do Sul**. 1996. 68p. Dissertação (Mestrado em fitossanidade) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- SCHOROEDER, G. L.; COLE, D. F.; DEXTER, A. G. Sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) response to simulated herbicide spray drift. **Weed Science**, Champaign, v. 31, n. 6, p. 831-836, Nov. 1983.
- SCHWEIZER, E. E. Response of sugarbeets (*Beta vulgaris*) to sublethal rates of 2,4-D. **Weed Science**, Champaign, v. 26, p. 629-631, 1978.
- SILVA, J. B.da. Equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 87, p. 44-54, mar. 1982.
- SILVA, J. B. da.; KARAM, D. Controle de plantas daninhas nos sistemas de produção de milho. **O Ruralista**, Belo Horizonte, v. 32, n. 421, p. 4-9, jun. 1995.
- SILVA, J. B. da.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E. Determinação do período de interferência de plantas daninhas em milho fundamentados nos estádios fenológicos da cultura. **O Ruralista**, Belo Horizonte, v. 35, n. 440, out. 1998.

- SILVA, J. F. **Defensivos agrícolas, utilização, toxicologia e legislação específica: herbicidas.** Brasília: ABEAS, 1983. 161p.
- SINGH, B. K.; SHANER, D. L. Rapid determination of glyphosate injury to plants and identification of glyphosate-resistant plants. *Weed Technology*, Champaign, v. 12, n. 3, p. 527-530, July/Sept. 1998.
- SNIPES, C. E.; STREET, J. E.; MUELLER, T. C. Cotton (*Gossypium hirsutum*) injury from simulated quinclorac drift. *Weed Science*, Champaign, v. 40, n. 1, p. 106-109, Apr./June 1992.
- SOUZA, L.C. F. **Época de gradagem em relação a semeadura e sistemas de controle de plantas daninhas no desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.).** 1994. 115p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SOUZA, L. C. F.; VALENTE, T. O. de.; MELHORANÇA, A. L.; PEREIRA, F. A. R.; JÚNIOR, A. C. Eficiência de diferentes herbicidas na dessecação de três espécies vegetais para cobertura do solo. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Brasília, v. 1, n. 1, p. 57-60, Jan./Abr. 2000.
- SOUZA, I. F. Importância e uso de herbicidas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.8, n. 87, p. 3-4, Mar. 1982.
- STASIAK, M. A.; HOSFTRA, G.; PAYNE, N. J.; PRASAD, R.; FLETCHER, R. A. Alterations of growth and shikimic acid levels by sublethal glyphosate applications on pin cherry and trembling aspen. *Canadian Journal of Forestry Research*, Ottawa, v. 21, p. 1086-1090, 1991.
- TALBERT, R. E.; OLIVER, L. R.; FRANS, R. E. et al. Field screening of new chemicals for herbicidal activity. *Report Series Arkansas Agricultural Experiment Station*, Fayetteville, n. 434, 31p. 1994.
- THELEN, K. D.; JACKSON, E. P.; PENNER, D. 2,4-D interactions with glyphosate and sodium bicarbonate. *Weed Technology*, Champaign, v. 9, n. 2 p. 301-305, Apr./June 1995.
- VALENTI, H. H; OWEN, M. D. K.; CHRISTIANS, N. E. Comparison of spray drift during postemergence herbicide applications to turfgrass. *Weed Technology*, Champaign, v. 9, n. 2, p. 321-325, Apr./June 1995.

- VELLOSO, J. A. R. O. de.; GASSEN, D. N.; JACOBSEN, L. A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra.** Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1984. 50p. (EMBRAPA-CNPT. Documento 5).
- VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas.** UFRGS. 1997, 165 p.
- WALL, D. A. Tolerance of five annual broadleaf crops to simulated thifensulfuron: tribenuron (2:1) spray drift. **Weed Technology**, Champaign, v. 8, n. 4, p. 785-793, Oct./Dec. 1994 a.
- WALL, D. A. Potato (*Solanum tuberosum*) response to simulated drift of dicamba, clopyralid, and Tribenuron. **Weed Science**, Champaign, v. 42, n.1, p. 110-114, Jan./Mar. 1994 b.
- WALL, D. A.; DERKSEN, D. A.; FRIESEN, L. F. Canola (*Brassica napus*) response to simulated sprayer contamination with thifensulfuron and thifensulfuron: tribenuron (2:1). **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 3, p. 951-956, July./Sept. 1995.
- WALL, D. A. Effect of crop growth stage on tolerance to low doses of thifensulfuron: tribenuron. **Weed Science**, Champaign, v. 45, n.4, p. 538-545, July/Aug. 1997.
- WARD, K. I.; WEAVER, S. E. Response of eastern black nightshade (*Solanum ptycanthum*) to low rates of imazethapyr and metolachlor. **Weed Science**, Champaign, v. 44, n.4, p. 897-902, Oct./Dec. 1996.
- YATES, W. E.; AKESSON, N. B.; BAYER, D. E. Drift of glyphosate sprays applied with aerial and ground equipment. **Weed Science**, Champaign, v. 26, n. 6, p. 597-604, 1978.
- ZHANG, P. B.; CAVERS, P. B.; JASIENIUK, M. Response of *Xanthium strumarium* populations to sublethal applications of bentazone. **Weed Research**, Oxford, v. 34, n.1, p. 55-61, Feb. 1994.
- ZHU, H.; REICHARD, D. L.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; OZKAN, H. E. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from fields sprayers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, n. 5, p. 1401-1407, Sept./Out. 1994.

**ZOSCHKE, A. Toward reduced herbicide rates and adapted weed management.
Weed Technology, Champaign, v. 8, p. 376-386, 1994.**

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1 A	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao primeiro experimento, fase inicial (estádio 1) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.....	96
TABELA 2 A	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao segundo experimento, pré-floração, (estádio 4) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.....	97
TABELA 3 A	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.....	98
TABELA 4 A	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao primeiro experimento, fase inicial (estádio 1) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.....	99

TABELA 5 B	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao segundo experimento, pré-floração (estádio 4) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.....	100
TABELA 6 B	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.....	101

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao primeiro experimento, fase inicial (estádio I) (dezembro 1998 a julho 1999), UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO							
F. V.	G. L.	Num. pl.	Alt. pl.	Alt. esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.
Bloco	2	30,8889	0,0097	0,0087	65,1296	5,0790	3,4864
Herbicida	2	487,1667**	0,1423**	0,1099**	615,6296**	32,9833**	20,2945**
Dose	5	670,6667**	0,3027**	0,2157**	1149,7630**	53,9745**	32,8145**
D X H	10	267,4333**	0,1100**	0,0949**	357,4296**	14,3436**	10,2771**
Resíduo	34	83,5752	0,0172	0,0107	52,2865	1,6166	1,1582
Média geral		54,1111	2,2956	1,2276	53,7407	8,8794	7,1749
C. V (%)		16,89	5,71	8,42	13,46	14,32	15,00
							5,29

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F
 ns = não significativo

TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao segundo experimento, pré-floração, (estádio 4) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO									
F. V.	G. L.	Num. pl.	Alt. pl.	Alt. esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.	P. 1000 gr.	
Bloco	2	18,3889	0,0053	0,0113	148,3519	1,8420	1,3648	601,9411	
Herbicida	2	24,6667ns	0,0025ns	0,0013ns	2530,0741**	47,3891**	32,5313**	19529,3143**	
Dose	5	46,3556ns	0,0073ns	0,0063ns	1481,7630**	36,3731**	25,4412**	28722,2799**	
D X H	10	63,2889ns	0,0053ns	0,0027ns	479,5185**	9,2086**	6,5857**	11187,1154**	
Resíduo	34	35,6634	0,0081	0,0085	56,6460	1,3497	0,8816	975,9106	
Média geral		53,5556	2,2293	1,5217	34,1481	4,8369	4,0110	288,4294	
C.V (%)		11,15	4,04	6,05	22,04	24,02	23,41	10,83	

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F
 ns = não significativo

TABELA 3A. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1998 a julho 1999). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO								
F. V.	G. L.	Num. pl.	Alt. pl.	Alt. esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.	P. 1000 gr.
Bloco	2	705,9074	0,0024	0,0014	502,2407	9,1321	6,3861	91,1296
Herbicida	2	32,0185ns	0,0069ns	0,0005ns	294,6852*	8,7711**	6,2768**	343,4074ns
Dose	5	141,2185ns	0,0283ns	0,0125ns	441,5852**	9,5627**	6,7367**	808,6407**
D X H	10	74,2630ns	0,0113ns	0,0119ns	104,9074ns	2,1757ns	1,5308 ns	262,9630ns
Resíduo	34	107,7113	0,0121	0,0111	79,5741	1,3219	0,8798	127,0120
Média geral		52,7963	2,2502	1,2228	44,2593	5,7407	4,7042	257,6481
C.V (%)		19,66	4,90	8,61	20,15	20,03	19,94	4,37

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

ns = não significativo

TABELA 4A. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao primeiro experimento, fase inicial (estádio I) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO									
F. V.	G. L.	Num. pl.	Alt. pl.	Alt. Esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.	P. 1000 gr.	
Bloco	2	25,4074	0,0211	0,0095	302,0000	7,3351	4,8324	8857,8900	
Herbicida	2	594,7407**	0,3349**	0,2284**	1300,0556**	44,6593**	30,8798**	9514,4106*	
Dose	5	741,7519**	0,2446**	0,1634**	1489,6778**	30,3210**	20,2601**	13584,9549**	
D X H	10	248,0296**	0,0874**	0,0586**	567,7000**	16,4513**	11,2755**	4629,4541ns	
Resíduo	34	55,8584	0,0112	0,0074	60,2941	1,0857	0,7851	2791,2796	
Média geral		55,0926	2,0470	1,0030	47,8333	6,7939	5,6084	271,1827	
C.V (%)		13,57	5,17	8,56	16,23	15,34	15,80	19,48	

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F
 ns = não significativo

TABELA 5B. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao segundo experimento, pré-floração (estádio 4) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MEDIO									
F. V.	G. L.	Num. pl.	Alt. pl.	Alt. esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.	P. 1000 gr.	
Bloco	2	46,2222	0,0855	0,0262	1,4074	3,9895	2,0763	1002,6013	
Herbicida	2	774,0556**	0,0184ns	0,0006ns	2073,0185**	44,9490**	31,2587**	12758,4925**	
Dose	5	736,7000**	0,0402**	0,0020ns	1669,2630**	29,1746**	20,8704**	13683,1289**	
D X H	10	272,4556**	0,0154ns	0,0021ns	459,1074**	9,3501**	6,1136**	10098,0968**	
Resíduo	34	21,3595	0,0077	0,0028	48,7015	1,3584	0,8826	192,0698	
Média geral		55,9444	2,0672	1,0957	41,8703	5,3412	4,3621	241,7422	
C.V (%)		8,26	4,25	4,82	16,67	21,82	21,54	5,73	

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

ns = não significativo

TABELA 6B. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao número de plantas, altura de plantas, altura de espigas, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e peso de 1000 grãos referente ao terceiro experimento, fase de enchimento de grãos (estádio 6) (dezembro 1999 a junho 2000). UFLA, Lavras, MG, 2002.

QUADRADO MÉDIO							
F. V.	G. L.	Num. pl.	Alt. pl.	Alt. esp.	Num. esp.	Peso esp.	Peso gr.
Bloco	2	455,7963	0,1693	0,0771	126,3519	3,3041	2,9957
Herbicida	2	0,5741ns	0,0139ns	0,0055ns	6,1296ns	2,8463*	2,7504*
Dose	5	72,6963ns	0,0122ns	0,0064ns	48,9074ns	10,8843**	8,6811**
D X H	10	25,7741ns	0,0153ns	0,0102ns	37,1519ns	5,6141**	4,3361**
Resíduo	34	31,7963	0,0193	0,0094	49,2734	0,7224	0,5419
Média geral		72,4074	2,2069	1,2459	47,3519	6,1467	5,0329
C. V. (%)		7,79	6,29	7,79	14,82	13,83	14,63
							9,23

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F
 ns = não significativo