

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE
SUBDOSES DOS HERBICIDAS
GLYPHOSATE E OXYFLUORFEN,
SIMULANDO DERIVA SOBRE A
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)**

LUIS WAGNER RODRIGUES ALVES

1999



LUIS WAGNER RODRIGUES ALVES

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSES DOS
HERBICIDAS GLYPHOSATE E
OXYFLUORFEN, SIMULANDO DERIVA
SOBRE A CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Dr. João Baptista da Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

1999

Ficha Catalográfica preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Alves, Luis Wagner Rodrigues

Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen,
simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.) / Luis Wagner

Rodrigues Alves. -- Lavras : UFLA, 1999.

80 p. : il.

Orientadora: João Baptista da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Herbicida. 3. Deriva. 4. Fitotoxicidade. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD-633.159954

LUIS WAGNER RODRIGUES ALVES

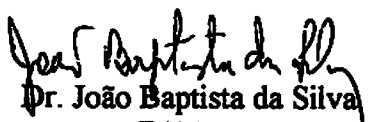
**EFEITO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSES DOS
HERBICIDAS GLYPHOSATE E
OXYFLUORFEN, SIMULANDO DERIVA SOBRE
A CULTURA DO MILHO
(*Zea mays* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 02 de março de 1999

Dr. Itamar Ferreira de Souza UFLA - DAG

Dr. João Batista Donizeti Corrêa UFLA - DAG


Dr. João Baptista da Silva
FAPED
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos às pessoas que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho e, em especial a:

Universidade Federal de Lavras

Embrapa Milho e Sorgo Sete Lagoas MG

CAPES

João Baptista de Silva;

Itamar Ferreira de Souza;

Wellington e Myriane;

Haical José Haddad.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Controle Químico de Plantas Daninhas.....	3
2.2 Deriva.....	5
2.3 Simulação de Deriva.....	13
2.4 Oxyfluorfen.....	19
2.4.1 Características Gerais do Produto.....	19
2.4.2 Indicações de Uso.....	19
2.4.3 Comportamento do Produto.....	20
2.5 Glyphosate.....	21
2.5.1 Características Gerais do Produto.....	21
2.5.2 Indicações de Uso.....	21
2.5.3 Comportamento do Produto.....	22
2.6 Fenologia do Milho.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Local e Época de Condução.....	25
3.2 Ensaio de Campo.....	25
3.2.1 Delineamento Experimental.....	28
3.2.2 Tratamentos	29
3.2.3 Aplicação de Herbicidas.....	29

3.2.4 Parâmetros Avaliados.....	31
3.2.5 Parâmetros Avaliados, para o Experimento no Estádio R6.....	32
3.3 Ensaio em Casa de Vegetação.....	33
3.3.1 Delineamento Experimental.....	33
3.3.2 Tratamento.....	34
3.3.3 Aplicação de Herbicidas.....	34
3.3.4 Parâmetro Avaliado.....	34
3.4 Análise Estatística.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 ANAVA.....	35
4.2 Fitotoxicidade.....	40
4.2.1 Sintomas de Fitotoxicidade em Casa de Vegetação.....	40
4.2.2 Sintomas de Fitotoxicidade no Experimento a Campo.....	44
4.3 Estande Final.....	52
4.4 Altura das Plantas.....	56
4.5 Número de Espigas.....	60
4.6 Rendimento de Grãos.....	64
5 Conclusões.....	70
6 Referências Bibliográficas.....	71
7 Anexos.....	77

RESUMO

ALVES, L. W. R., Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura de milho (*Zea mays* L.). Lavras: UFLA, 1999. 80p. (Dissertação-Mestrado em Fitotecnia)¹.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e quantificar os efeitos da deriva, através das aplicações de subdoses dos herbicidas glyphosate, oxyfluorfen e glyphosate+oxyfluorfen, sobre a cultura de milho. Foram instalados dois experimentos de campo (estádios V1 e R6), e um experimento em casa de vegetação, na sede da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, Brasil, durante o ano agrícola 1996/97. A cultivar de milho utilizada foi a BR 3123. Os experimentos foram realizados, segundo delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 6. Para os tratamentos simulando a deriva, foram utilizadas subdoses dos herbicidas, nas concentrações de 0; 2; 4; 6; 12 e 24%, da dose usual, ou seja, 2,88 kg ha⁻¹ de glyphosate e 1,44 kg ha⁻¹ de oxyfluorfen. Para aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal equipado com barra de oito bicos, tipo APG 110:02, com pressão constante de 276 KPa, mantida através de cilindro de gás carbônico. Foram avaliados os seguintes parâmetros: sintomas visuais de fitotoxicidade, estande final, altura das plantas, número de espigas e rendimento de grãos. De forma geral, a mistura glyphosate+oxyfluorfen configurou-se como a mais prejudicial para a cultura do milho do que a aplicação dos produtos de forma isolada, e o efeito crescente de dano foi correlacionado com o aumento nas doses aplicadas, em todos os tratamentos. Na aplicação dos produtos na forma isolada, o glyphosate foi mais prejudicial para a cultura do milho, nos dois estádios testados do que a aplicação com oxyfluorfen. A deriva dos herbicidas testados, atingindo plantas de milho no estágio vegetativo V1 (quarta folha definitiva), foi mais prejudicial do que no estágio reprodutivo R6 (grãos no estado leitoso). A deriva simulada com oxyfluorfen no estágio R6 não causou prejuízos para o rendimento, ao passo que glyphosate e a mistura glyphosate + oxyfluorfen causaram perdas semelhantes ao rendimento de grãos em até 44,8%.

¹Comitê Orientador: João Baptista da Silva: FAPED (orientador) e Itamar Ferreira de Souza (UFLA)

ABSTRACT

EFFECTS OF GLYPHOSATE AND OXYFLUORFEN SUBLETHAL RATES, SIMULATING DRIFT ON THE CORN CROPS

The objective of this work was to evaluate the effects and quantify the losses induced by glyphosate, oxyfluorfen and glyphosate+oxyfluorfen sublethal rates simulating spray drift at different growth stages of corn plants crops. Two field experiments were established during the growing season of 1996, stages V1 and R6, and one experiment under greenhouse at Embrapa Corn and Sorghum Reserch Center, Sete Lagoas, MG, Brazil. The corn cultivar utilized was BR 3123. The treatments simulating drift were 0, 2, 4, 6, 12 and 24%, recommended rate of the herbicides for eucalyptus crops (2,88 kg ha⁻¹ of glyphosate and 1,44 kg ha⁻¹ of oxyfluorfen). The field experimental design was a randomized blocks using 3 by 6 factorial scheme, with four replications. The treatments application was done by using a CO₂ backpack sprayer, at 276 kPa, equipped with a bar of 8 flat fan nozzle tips APG 110:02. The greenhouse experimental design was a randomized blocks with four replications and a 2 by 6 factorial. The following parameters were evaluated: visual symptoms of phytotoxicity on corn, final stand, plant height, number of ear and grain yield. Glyphosate + oxyfluorfen proved more damage to corn crop than the herbicides applied alone. The higher rate of herbicides the more dangerous was the effect on the crop. In the application of the herbicides by themselves, glyphosate was more harmful to corn crop at the two tested stages than oxyfluorfen. The herbicides drift on the corn crops in vegetative stage (V1), was more dangerous than at reproductive stage (R6). The oxyfluorfen drift on the corn crops in stage R6, did not cause damage on yield, whereas glyphosate and glyphosate + oxyfluorfen, caused similar losses on grain yield by up to 44,8%.

¹Guidance committee: João Baptista da Silva: FAPED (major professor) and Itamar Ferreira de Souza: UFLA (professor)

1 INTRODUÇÃO

No Brasil o cultivo de essências florestais tomou consideráveis extensões de áreas e, hoje, Minas Gerais ocupa as primeiras colocações nesta atividade, sendo ainda o principal Estado reflorestador (Afonso Neto, 1986).

O incentivo ao plantio de essências florestais começou na década de 20, com um programa governamental de arborização com eucalipto (*Eucalyptus spp.*). Posteriormente coube à iniciativa privada, através das Usinas Siderúrgicas (Della Lúcia, 1986), o desenvolvimento da atividade, com farta distribuição de sementes e mudas. Todavia, o grande impulso no reflorestamento ocorreu a partir da década de 60, através de incentivos fiscais, período onde o pinheiro (*Pinus spp.*) veio unir-se ao eucalipto, como opção de plantio. O resultado deste intenso plantio visualizou-se, principalmente, nas regiões de maior carência econômica e social e foi marcado pela fixação do homem no campo, pela melhoria das condições de solo e pelo saneamento de imensas regiões onde havia a ocorrência endêmica da doença de Chagas, disseminada pelo barbeiro (*Triatoma infestans*).

A política florestal brasileira tem demonstrado sérias preocupações com a preservação ambiental e a harmonização com as necessidades econômicas. Uma destas preocupações é o convívio das áreas florestais com as culturas adjacentes, visto que muitas vezes os sistemas de manejo são antagônicos. Um destes exemplos é a atividade de controle das plantas daninhas que, nas áreas florestais, geralmente, é efetuado com aplicação aérea de herbicidas, através de avião ou helicóptero.

A mecânica de aplicação dos herbicidas apresenta limites bem definidos: o pulverizador, responsável pela distribuição do produto e o alvo sobre o qual o

produto deve atuar. Somando-se a isto os elementos climáticos, podem-se determinar características necessárias ao equipamento, tendo em vista fazer com que o herbicida chegue até o alvo e cumpra a sua função específica, minimizando o processo de deriva.

É de amplo conhecimento que os herbicidas, principalmente glyphosate associado a oxyfluorfen, são passíveis de atingirem culturas vizinhas e a longas distâncias, em função da deriva, cuja intensidade é determinada principalmente pelas condições climáticas e tamanho das gotas. Finalmente, a deriva torna grande importância a partir do momento em que os herbicidas (glyphosate associado a oxyfluorfen), aplicados em áreas de essências florestais, são de amplo espectro de controle e com elevada toxicidade, para a maioria das espécies cultivadas. A ocorrência de deriva provoca baixo controle das plantas daninhas, fato que concorre para um aumento compensatório de dosagem, resultando em maiores gastos e causando sérios prejuízos às espécies não alvo e ao meio ambiente.

Dentre as culturas que são plantadas, em adjacência aos reflorestamentos, está a cultura do milho (*Zea mays* L.), que possui grande susceptibilidade a diversos herbicidas. Todavia, existem poucas informações que nos possibilitem quantificar prejuízos à cultura do milho, originários da deriva de herbicidas tóxicos.

Este trabalho teve por objetivo identificar sintomas causados pelas subdoses dos herbicidas testados e quantificar perdas nos componentes de rendimento da cultura do milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Controle químico de plantas daninhas

A ampliação da área agrícola brasileira, com a abertura de novas fronteiras, exigiu a implementação de novas tecnologias agrônômicas, principalmente no que tange à substituição da mão de obra, para a exploração de grandes áreas (Silva, 1982). Um dos principais exemplos de manejo, onde o uso de mão de obra em larga escala ficou inviável, foi no controle de plantas daninhas (Marcondes, Chahata e Fomarolli, 1983). Por este motivo, a adesão ao uso do controle químico de plantas daninhas cresceu de forma exponencial em relação à área plantada.

É preciso notar que as operações de controle químico não dispensam e, sim, facilitam o manejo integrado de plantas daninhas, visando ao uso racional do solo. Portanto, os métodos tradicionais de controle, tais como capina manual e mecânica, fogo, inundação, cultural, biológico, alelopático, entre outros, jamais poderão ser esquecidos. Observa-se que tanto o período crítico de competição das plantas daninhas com as culturas, como as perdas causadas por esta competição, possuem diferentes amplitudes, dependendo do clima, da densidade de população das plantas daninhas e da cultura, e do balanço de espécies de folha larga e estreita (Mascarenhas, 1982).

O controle químico de plantas daninhas, utilizado de forma racional, é tremendamente eficaz, face ao seu efeito prolongado e sua rapidez na aplicação, fato que viabiliza a atividade agropecuária em regiões onde há escassez de mão de obra e grandes áreas de plantio.

A atividade florestal também situa-se neste contexto de deficiência de mão de obra, o que a torna de alto custo, aliado à necessidade de rapidez nas operações de tratos culturais, advindo daí a opção pela utilização de herbicidas, viabilizando a rentabilidade econômica da atividade.

O oxyfluorfen é o herbicida mais utilizado em pré-emergência, para controle de plantas daninhas na cultura de eucalipto, no Brasil. Porém sua utilização atualmente ocorre com mais frequência em associação com o glyphosate, visando atingir maior espectro de ação (Ribeiro, 1988).

A grande alternativa proporcionada pelos herbicidas é o controle das plantas daninhas em pré-emergência à base de oxyfluorfen ou pós emergência à base de glyphosate ou, ainda, a combinação dos dois (Ribeiro, 1988), proporcionando condições de melhor utilização da mão de obra disponível na propriedade.

Um dos fatores limitantes para a eficácia dos defensivos agrícolas no controle de insetos, patógenos e plantas daninhas, segundo Velloso, Gassen e Jacobsen (1984), é a tecnologia de aplicação.

Na atual concepção, entende-se por tecnologia de aplicação de defensivos, o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo, no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação dos alvos não visados (Schroder, 1996).

Atualmente, os equipamentos mais utilizados nas lavouras, para aplicação de defensivos agrícolas, ainda são os pulverizadores de barra (trator); contudo, toma grande importância o desenvolvimento da aviação agrícola no Brasil (Von Hertwig, 1977), assim como na Espanha (Detroux, 1967), com o correspondente aumento no volume aplicado dos defensivos, adubos e sementes.

Preocupado com o direcionamento da pesquisa sobre tecnologia de aplicação de herbicidas, foi elaborado pelo Forest Pest Management Institute (Campbell e Howard, 1993), questionários pessoais junto a diversos cientistas do Canadá e USA, buscando o interesse dos mesmos a diversos tópicos de pesquisa, com relação à tecnologia de aplicação de herbicidas. Os cientistas solicitaram pesquisas com pulverizações tratorizadas e aéreas de herbicidas e, ainda, as dez prioridades de pesquisa foram: (1) determinar cientificamente barreiras de proteção, apropriadas ao uso; (2) desenvolver tecnologia que permita a mesma eficácia dos ingredientes ativos, com redução de dosagem; (3) desenvolver tecnologia que permita obter a mesma eficácia com redução de volume de calda; (4) determinar o tamanho ideal de gota, levando em consideração a eficácia do produto e a deriva; (5) melhorar a resistência do herbicida à lavagem por chuva; (6) determinar o efeito da estabilidade atmosférica e do vento sobre a deriva de herbicidas; (7) determinar a curva de resposta para impacto ambiental, de acordo com a deposição do herbicida; (8) determinar os efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre a deposição e a deriva; (9) desenvolver pulverizadores capazes de emitir um uniforme espectro de gotas, de acordo com a velocidade do vôo; (10) determinar os efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre a deriva.

2.2 Deriva

Ao se aplicar um herbicida, o objetivo é atingir o alvo biológico, ou seja, o solo onde se localizam as sementes, ou diretamente nas folhagens das plantas daninhas. Normalmente, apenas uma pequena parte do produto aplicado atinge o alvo, grande parte se perde por diversas formas, sendo a deriva uma das principais formas de perda do produto aplicado.

A deriva é o arrastamento do produto, em função da altura do vôo, velocidade do vento e tamanho das gotas de pulverização (Almeida, 1988). Todavia, os fatores que mais afetam a deriva são as condições climáticas, tais como velocidade do vento, temperatura, umidade e estabilidade do ar. Baseado nestas condições, Schroder (1996) constatou que as condições mais favoráveis para pulverizações aéreas ocorrem nas primeiras horas da manhã e nas últimas horas da tarde.

A importância da temperatura do ar, para a aviação agrícola, reside no fato de que com o aumento da temperatura ocorrem correntes ascendentes, arrastando as gotas para níveis mais altos da atmosfera, além de concorrer para a diminuição do seu tamanho devido à evaporação.

Mesmo nas aplicações consideradas tecnicamente corretas, existe uma grande quantidade de gotas pequenas que, potencialmente, podem sofrer deriva e causar diversos tipos de efeitos. Esta é a maior fonte de contaminação ambiental, em função da prática de pulverização (Durigan, 1988).

O volume adequadamente aplicado é fator de suma importância na determinação de 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.

O tipo de formulação, relativo aos produtos comerciais, é de fundamental importância para a deriva. Como exemplo, podemos citar 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, ou seja, ésteres, sais, ácidos. O exemplo clássico no diferencial de deriva, em relação à apresentação do ativo, é o caso do 2,4-D, que, em

formulação éster, é mais volátil e com maior potencial de deriva, em relação ao produto formulado em sal dimetilamina.

A deriva é potencialmente correlacionada ao tamanho das gotas e esta correlacionada ao volume do herbicida e da calda de pulverização, aplicados por unidade de superfície (TABELA 1).

A correta diagnose de uma pulverização agrícola é fundamental para a tomada de decisão, visando a resultados satisfatórios, possibilitando assim visão aprofundada do processo de geração de partículas e isto tem como consequência o aperfeiçoamento de novas técnicas ou metodologias de aplicação. Essa diagnose é feita, na prática, através de amostragem que, na maioria das vezes, não é possível de ser obtida nos alvos naturais, utilizando-se dessa forma alvos artificiais, conhecidos como coletores (Carvalho, 1995). Entretanto, trabalhos realizados, como por exemplo o de Valenti, Owen e Christians (1995), visando ao estudo de deriva e injúrias causadas às culturas, provocadas pela aplicação de herbicidas, através de diversos tipos de pontas de aplicação ("bicos"), realçaram a importância no uso de coletores naturais, tal como superfície foliar.

TABELA 1. Classificação das pulverizações segundo o volume aplicado, conforme ASAE (American Society of Agricultural Engineers, 1974).

UUBV (ultra ultra baixo volume)	$< 0,5 \text{ l ha}^{-1}$
UBV (ultra baixo volume)	$0,5 - 5,0 \text{ l ha}^{-1}$
BV (baixo volume)	$5, - 50,0 \text{ l ha}^{-1}$
VM (volume médio)	$50,0 - 500,0 \text{ l ha}^{-1}$
AV (alto volume)	$> 500,0 \text{ l ha}^{-1}$

Fonte: Matuo (1980), citado por Velloso et al., 1984.

Pesquisas realizadas por Al-Khatib, Parker e Fuerst (1993), utilizando coletores artificiais, plantas indicadoras (três níveis de sensibilidade), forneceram dados, inclusive sobre o clima, que foram utilizados em modelos matemáticos computadorizados, visando prever novas situações de deriva, ainda não trabalhadas.

Para Bailey e Kapusta (1993), o motivo pelo qual a cultura da soja apresenta maior fitotoxicidade sob deriva de primissulfuron em relação ao nicosulfuron, duas moléculas pertencentes ao grupo sulfuniluréia, é a maior dificuldade da soja em metabolizar o primeiro herbicida. Este é o grande argumento para o uso de alvos biológicos, para os 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). Na TABELA 2, verifica-se a importância do tamanho médio de gotas na deriva.

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, Gassen e Jacobsen 1984).

TABELA 2. Classificação das gotas e distância de deriva horizontal sem velocidade inicial, a 3 m de altura e com vento lateral de 5 km/h.

Diâmetro (μ)	Classificação	Distância de deriva
500	chuva leve	2 metros
200	garoa	5 metros
100	névoa	15 metros
30	nuvem	150 metros
15	aerossol	610 metros

Fonte: Sartori (1977), citado por Velloso, Gassen e Jacobsen (1984).

Um importante fator para avaliação da qualidade da aplicação de herbicidas é a densidade de gotas, que pode ser expressa pelo número de gotas por unidade de área, correspondendo à quantidade de produto ativo depositado sobre o alvo.

Pode-se ainda observar, na TABELA 3, que a área do alvo coberta por gotas de 20 μ de diâmetro é 14 vezes maior do que a área coberta com gotas de 220 μ de diâmetro, para o mesmo volume de pulverização (5 l ha⁻¹). Todavia, conforme visto no TABELA 2, o potencial de distância de deriva aumenta com a diminuição do tamanho da gota de pulverização.

O tamanho médio da gota irá determinar a densidade de gotas sobre uma superfície, proporcionando uma maior ou menor cobertura do alvo (TABELA 3) e, 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 desta gota (TABELA 5). Por tudo isto, Rumker et al. (1974), citados por Velloso, Gassen e Jacobsen (1984), afirmam que a perda de defensivo por 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 (TABELA 4).

Com a diminuição do tamanho da gota, aumenta a resistência oferecida pelo ar, devido à redução de peso, resultando uma menor velocidade de deslocamento. Com isto, os ventos e as correntes ascendentes de ar carregam estas gotas de menor diâmetro, conforme TABELA 6.

TABELA 3. Densidade teórica de gotas, com volume aplicado de 5 l ha⁻¹.

Diâmetro (μ)	Densidade de gotas (n° cm ⁻²)
20	11920
40	1490
60	440
80	180
100	95
120	55
140	35
160	25
180	15
200	12
220	7

Fonte: Sartori (1975), citado por Velloso, Gassen e Jacobsen (1984).

TABELA 4. Densidade teórica de gotas (gotas cm⁻²), em diferentes diâmetros e volumes aplicados.

Diâmetro (μ)	Volume		
	5 l ha ⁻¹	50 l ha ⁻¹	100 l ha ⁻¹
100	95	950	1900
150	28	283	566
200	12	120	240

Fonte: Sartori (1975), citado por Velloso, Gassen e Jacobsen (1984).

TABELA 5. Velocidade final em relação ao diâmetro da gota de água, quando aplicada a 3 metros de altura.

Diâmetro (μ)	1000,0	500,0	100,0	50,0	10,0
cm seg ⁻¹	400,0	210,0	27,0	7,3	0,3

Fonte: ICI (Zeneca), citado por Velloso, Gassen e Jacobsen (1984).

TABELA 6. Influência do diâmetro da gota de água, no deslocamento lateral (metros) e no tempo (segundos), para atingir o solo, quando aplicada a 3 metros de altura e com vento lateral de 5 km hora⁻¹.

Diâmetro (μ)	Deslocamento lateral	Tempo para atingir o solo
5	5400	3600
33	120	90
100	15	11
200	6	4
500	2	2

Fonte: ICI (Zeneca), citado por Velloso, Gassen e Jacobsen (1984).

No momento da aplicação as gotas separam-se no ar, devido à diferença de diâmetro e suas implicações, sendo que as maiores caem próximas ao local onde foram geradas e as menores caem longe deste ponto, devido à deriva. Zhu et al. (1994) verificaram que, exceto para baixa temperatura (10° C) e alta umidade (100%), gotas de pulverização com tamanho de 50 μ ou menos evaporam completamente antes de depositar a 0,50 m abaixo do ponto de descarga para todas as condições climáticas simuladas.

Em trabalho realizado por Schroder (1996), o autor chegou às seguintes conclusões: - devido às variações das condições meteorológicas ao longo do dia, as pulverizações aeroagrícolas devem ser acompanhadas de monitoramento da

temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento; - bicos posicionados a 45° com o sentido do vôo não são adequados para pulverização de herbicidas; - bicos no ângulo de 135° com o sentido do vôo proporcionam melhor desempenho para pulverizações de herbicidas; - cores 46 são recomendadas para pulverizações de herbicidas por aumentarem o tamanho e reduzirem a densidade de gotas; - gotas maiores e em menor densidade devem ser empregadas, porque existe uma relação direta entre densidade de gotas e a deriva, nos primeiros metros, a partir da linha de vôo; - as alterações na regulagem do equipamento não reduzem a deriva máxima, mas diminuem a intensidade de deriva; - elevada uniformidade de deposição e alto rendimento na pulverização podem ser obtidos, aplicando-se volume de 30 l ha⁻¹, com emprego de barras com 44 bicos D8-45 ou D8-46, ambos com ângulo de bicos de 135°, em relação ao sentido de vôo; - o melhor desempenho para pulverização aérea de herbicidas, visando à proteção do meio ambiente pela menor intensidade de deriva, é obtido com barras equipadas com 26 bicos D8-46 no ângulo de 135° a uma pressão de 242 kPa com sistema calibrado para aplicação de 30 l ha⁻¹.

Danos às culturas não alvo, causados por deriva, são frequentes em todo o mundo, havendo inclusive países que possuem legislações específicas, proibindo ou restringindo a aplicação de certos herbicidas ou certas formulações, a exemplo de ésteres de 2,4-D (Souza, 1982).

A deriva, além da simples perda do produto aplicado, também pode causar sérios prejuízos às culturas vizinhas, pois estas podem ser susceptíveis aos produtos aplicados (Hemphill e Montgomery, 1981).

Estudos sobre deriva de herbicidas verificaram que os mesmos podem causar sintomas semelhantes às doenças, estresse ambiental ou deficiência mineral e que muitos relatórios de injúrias ou fitotoxicidade dos mesmos não são

cuidadosamente examinados (Al-Khatib, Parker e Fuerst, 1992a, b, c; Al-Khatib, Parker e Fuerst, 1993 e Al-Khatib et al., 1993).

Os efeitos da aplicação de glyphosate, nas doses de 1,7 e 3,4 kg.ha⁻¹, em milho, na fase de maturação (grãos com umidade entre 55 e 15%), foram estudados por Jeffrey e English (1981), que concluíram ser o produto prejudicial aos grãos, quando aplicados antes que estes atinjam 30% de umidade (formação da camada preta), fato que causa variações nas sementes, provocando subsequente anormalidades em suas progênes.

Em áreas de reflorestamento, face à modalidade de aplicação de herbicidas (aplicação aérea), o problema da deriva das gotas de pulverização assume grande importância (Durigan, 1988), pois é possível que nas proximidades dos povoamentos, existam áreas agrícolas.

2.3 Simulação de deriva

A natureza é protagonista de vastos fenômenos e, para conhecê-los adequadamente, os cientistas necessitam, de alguma forma, simular artificialmente os mesmos. E isto ocorre com a aplicação aérea de produtos fitossanitários, que potencialmente pode provocar deriva e, portanto, imensa gama de pesquisas está sendo efetuada, envolvendo diversas situações e culturas (Bailey e Kapusta, 1993).

A simulação de chuva foi efetuada por Bastiani (1997), visando identificar efeitos da precipitação pluvial, após a aplicação de nicossulfuron + atrazine e atrazine + óleo, no controle de espécies daninhas infestantes na cultura de milho. Os resultados mostraram que a primeira mistura possui alto potencial de uso pela eficiência no controle de poáceas e dicotiledôneas, permitindo ainda a utilização de doses menores dos princípios

ativos. Estes produtos devem ser aplicados, preferencialmente sobre plantas daninhas em estádios mais precoces de desenvolvimento, estando o solo com bom nível de umidade e as aplicações devem anteceder, em pelo menos trinta minutos, a ocorrência de chuvas.

Observando efeitos de fitotoxicidade de vários herbicidas, em relação à cultura de feijão, Henderson e Webber (1993) realizaram pesquisas com aplicações de subdoses, visando estudar a tolerância da cultura a diversos herbicidas. Metolachlor e pendimethalin, quando aplicados em pré e pós emergência, nas doses de 4 kg i. a. ha⁻¹ e 2,7 kg i. a. ha⁻¹, respectivamente, não afetaram significativamente o desenvolvimento e o rendimento da cultura. Acifluorfen e diflufenican aplicados 3 ou 4 semanas após o plantio, nas doses de 0,5 kg i. a. ha⁻¹ e 0,1 e 0,2 kg i. a. ha⁻¹, respectivamente, não afetaram o desenvolvimento e o rendimento da cultura, embora tenha sido detectado efeito significativo nos trabalhos preliminares. Bentazon, aplicado 3 semanas após o plantio, reduziu o desenvolvimento e a colheita em apenas um experimento e na maior dose testada (0,96 kg i. a. ha⁻¹). Aplicações pós emergentes de cyanazine, metribuzin, prometryn, terbutryn, methabenzthiazuron ou oxyfluorfen, nas doses requeridas para controle de plantas daninhas, causaram a morte total das plantas ou causaram perda total no rendimento da cultura do feijoeiro.

Há muito que se conhecem os efeitos letais causados pelo herbicida 2,4-D, em sua dose recomendada, sobre diversos tipos de plantas de folha larga. Todavia, segundo Hemphill e Montgomery (1981), os efeitos de exposição destas plantas à dose subletal deste herbicida, em condições de deriva originária de aplicação aérea, são menos conhecidos.

Injúrias causadas por deriva de 2,4-D têm sido relatadas em diversas culturas, tais como: girassol (*Helianthus annuus*), trevo doce (*Melilotus alba*), algodão (*Gossypium barbadense*), frutíferas, plantas ornamentais, soja (*Glycine*

max) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Ainda, Schroeder, Cole e Dexter (1983) citam que realizaram aplicações de deriva simulada dos herbicidas dicamba, 2,4-D e picloram, sobre a cultura de beterraba (*Beta vulgaris*), em diversos estádios de desenvolvimento, e que efeitos visuais de fitotoxicidade, originários de deriva simulada destes herbicidas, estão correlacionados com redução no rendimento e na qualidade dos produtos colhidos.

Por outro lado existem informações (Hemphill e Montgomery, 1981) de que plantas que mostram visíveis sintomas de fitotoxicidade de 2,4-D podem não apresentar perdas no rendimento ou na qualidade do produto, como é o caso da pimenta (*Capsicum frutescens* L. var. *grossum*) e, ainda, que em doses baixas ($2,1\text{g ha}^{-1}$), até incrementam este rendimento. Todavia, Schroeder, Cole e Dexter (1983) citam que existem culturas, como a beterraba, que podem apresentar perdas na qualidade e teor de açúcar, causadas pela deriva de 2,4-D, picloram e dicamba, sem aparente fitotoxicidade e por isto precisam ser processadas logo após a colheita.

Portanto, a avaliação visual de fitotoxicidade não constitui um método definitivo, porém na maioria das vezes, sua correlação com os fatores de produção é positiva e constitui um bom método auxiliar de avaliação dos efeitos de deriva de herbicidas. Corroborando com esta idéia, Wall (1994b) afirma que estimativas visuais de efeitos fitotóxicos em culturas, até a segunda semana da ocorrência de deriva, fornece uma boa estimativa sobre o potencial de perdas na produção.

As perdas causadas em raiz e parte aérea, por efeito de subdose de glyphosate em plantas de milho, foram objeto de estudos de Ali e Fletcher (1978), que usaram doses de 280g, 560g, 1120g, e 2240g ha^{-1} . O principal objetivo de estudo deste trabalho foi identificar os verdadeiros mecanismos de ação dos herbicidas amitrole e glyphosate.

A deriva de herbicidas é fitotóxica para diversas culturas dicotiledôneas. Wall (1994a), trabalhando com a batata (*Solanum tuberosum*), utilizou subdoses dos herbicidas, dicamba (2,8g a 22,2g i.a. ha⁻¹), clopyralid dicamba (4g a 32g i.a. ha⁻¹), tribenuron (0,15g a 1,2g i.a. ha⁻¹), que representaram 0, 2, 4, 8 e 16 % da dose recomendada de cada herbicida, visando com isto obter respostas aos efeitos da deriva simulada, na referida cultura. O autor concluiu que os tratamentos com a maior dose dos herbicidas dicamba, clopyralid e tribenuron afetaram significativamente o peso médio dos tubérculos, reduzindo seu rendimento em 40, 29 e 41%, respectivamente.

A deriva simulada também foi utilizada por Eberlein e Guttieri (1994), tendo como objetivo verificar a resposta da cultura da batata, à aplicação de subdoses de imazamethabenz, imazethapyr, e imazapyr, utilizando 2, 10 e 50% das doses recomendadas para cada herbicida. As autoras verificaram que os sintomas de fitotoxicidade nas folhas variam com o tipo de herbicida, a dose aplicada, o estágio de desenvolvimento e o momento da aplicação e que imazapyr foi o herbicida que causou maior efeito fitotóxico, com o imazamethabenz apresentando o menor efeito fitotóxico.

Deriva de MSMA, aplicado em algodão e atingindo a cultura de arroz, causou redução na altura das plantas, número de panículas e produção de grãos, conforme demonstrou Richard, Hurst e Wauchope (1981).

A simulação de deriva em cultura de algodão demonstrou a seguinte ordem de fitotoxicidade: propanil > metribuzin > bifenox > oxadiazon > acifluorfen > butachlor = thiobencarb. As injúrias dos herbicidas no algodão foram menores nos estádios entre o desenvolvimento do quinto e do oitavo nó, do que no estágio cotiledonar. As injúrias são mais severas nas estações chuvosas ou frias, durante a fase inicial de desenvolvimento das plantas. Ainda, o estande de plantas foi mais reduzido durante anos em que as condições climáticas foram frio

e chuva, reduzindo prematuramente o vigor das plantas (Hurst, 1982). Injúria foliar nem sempre resulta em redução de produção.

Quando o oxyfluorfen foi aplicado em associação com o glyphosate, este último, após 8 dias, foi translocado à razão de 38% e comparado com 23%, quando o glyphosate foi utilizado só, isto em aplicação após 30 dias da germinação da tiririca (*Cyperus esculentus*). Ainda, no intervalo de 1 a 8 dias após a aplicação, a absorção de glyphosate aumentou de 25 para 42 % da quantia aplicada e a translocação total em outras partes da planta aumentou de 13 para 38 %. A aplicação aos 60 dias, após a germinação, não causou acréscimo na translocação e absorção. Estas determinações foram realizadas através de produto marcado por radioatividade (Pereira e Crabtree, 1986).

Al-Khatib, Parker e Fuerst (1992d) constataram que, para a cultura de cereja (*Prunus avium*), a ordem de fitotoxicidade dos herbicidas aplicados, simulando deriva (subdoses de 1/3, 1/10, 1/33 e 1/100, da dose máxima usada para produção de grãos), foi a seguinte: chlorsulfuron > 2,4-D > glyphosate > 2,4D+glyphosate > thifensulfuron > bromoxynil, em que a mistura de glyphosate+2,4-D foi menos fitotóxica do que os produtos isolados, todavia as dosagens dos produtos foram diferentes, ou seja, os produtos da mistura foram aplicados em menor quantidade do que isoladamente, constatando a significância do efeito dose.

A elevada aplicação de "graminícidas" de pós-emergência na cultura da soja, segundo Chernicky e Slife (1986), aumenta o risco de ocorrência de deriva para outras poáceas, em especial o milho. Muitas plantas daninhas poáceas, são mais susceptíveis ao diclofop até o estágio de 4 folhas, após o que é observado aumento na tolerância. Sethoxydin é mais ativo em poáceas anuais, quando aplicado nos estádios iniciais, do que na fase de desenvolvimento mais avançado. Em milho, é mais ativo no estágio vegetativo V3 para V4 (20 a 30cm de altura),

comparando com R6 para R7 (formação da boneca). As aplicações de sethoxydin, fluazifop e haloxyfop, em mistura com bentazon, não foram significativas em comparação com a testemunha, quando aplicados no estágio de 4 a 5 folhas (20 a 30 cm de altura). Ao contrário, quando sethoxydin (100 a 134 g ha⁻¹), ou fluazifop (13,4 g ha⁻¹), foram aplicados no estágio de 6 a 8 folhas (70 a 80 cm de altura), o peso das sementes de milho foi reduzido significativamente em 7 e 4 %, respectivamente. A adição de bentazon ao sethoxydin causa efeito de antagonismo, minimizando o efeito deste último.

Tendo como base a informação de que mais de 80 % dos herbicidas aplicados atingem áreas não alvo, principalmente o solo e que daí estes herbicidas, por erosão eólica, podem ser levados até outras culturas, Al-Khatib, Parker e Fuerst (1992c) verificaram, através de deriva simulada, que herbicidas (bromoxynil, chlorsulfuron, glyphosate, thifensulfuron, 2,4-D) em soluções aquosas são absorvidos pelas folhas das culturas (ervilha, alfafa e uva), numa proporção acima de dez vezes mais rápida, do que soluções de solo tratadas com herbicidas. E, ainda, que maior tempo de exposição ou múltiplas exposições das culturas aos herbicidas não modificaram esta situação.

A deriva da mistura de glyphosate com oxyfluorfen é mais prejudicial ao número de vagens por planta e aos demais estádios de desenvolvimento do feijoeiro, do que a deriva dos produtos isolados. E, ainda, Lumkes (1996), afirma que a deriva dos referidos herbicidas, isolados ou em mistura, apresentou maior efeito fitotóxico para o feijão, na fase de desenvolvimento vegetativo, do que na fase reprodutiva.

2.4 Oxyfluorfen

2.4.1 Características gerais do produto

O oxyfluorfen pertence ao grupo químico dos derivados do éter bifenílico, ou difeniléter, cujo nome químico é 2-cloro-1-(3-etoxi-4-nitrofenoxi)-4-(trifluorometil)benzeno. Sua solubilidade em água é menor que 1,0 ppm a 25° C, apresentando densidade de 1,05 g cm⁻³, e pressão de vapor igual a 2×10^{-6} mm Hg a 25° C, e peso molecular de 361,7 (Weed Science Society of America, 1994 e Rodrigues et al., 1998).

Trabalhos sobre herbicidas inibidores de protoporphyrinogen oxidase (Duke et al., 1991 e Scalla e Matringe, 1994) relatam que o mecanismo primário de ação dos herbicidas difeniléter está concentrado na inibição da protoporphyrinogen oxidase (protox), enzima que converte protoporphyrinogen IX em protoporphyrin IX (proto), causando como mecanismo secundário a peroxidação lipídica das membranas (Devlin e Whitam, 1983).

O oxyfluorfen em sua forma comercial recebe o nome de Goal BR, marca registrada pela Rohm and Haas, formulado como concentrado emulsionável, representando 240 g l⁻¹, e recomendado para aplicação no gênero *Eucalyptus*, na dosagem de 3,0 a 6,0 l/ha (Andrei, 1985).

Esta formulação é inflamável, não corrosiva, compatível com a maioria dos herbicidas mormente utilizados e para sua estabilidade em condições de armazenagem, deve-se evitar temperaturas superiores a 50° C.

2.4.2 Indicações de uso

Oxyfluorfen é aplicado em pré ou pós-emergência precoce das plantas daninhas, neste caso com adjuvante específico. Dentre as plantas daninhas

controladas encontram-se poáceas anuais e plantas daninhas de folha larga, que são controladas com baixas dosagens.

As dosagens recomendadas para eucalipto situam-se entre 3,0 e 6,0 l ha⁻¹ de Goal BR, ou 0,72 e 1,44 Kg ha⁻¹ de ingrediente ativo, sendo que a dosagem mais elevada é recomendada em pré-emergência para solo argiloso ou rico em matéria orgânica, ou pós-emergência das plantas daninhas.

2.4.3 Comportamento do produto

Com relação à absorção, a ação do oxyfluorfen é definida como de contato, sendo muito pouco translocável ou sem efeito sistêmico.

As plantas atingidas pelo oxyfluorfen apresentam maior injúria na parte aérea do que nas raízes. Provoca o fechamento dos estômatos e deterioração das membranas, ocasionando colapso de algumas células e causando perfuração nas folhas. Nas plantas daninhas em germinação, o oxyfluorfen age sobre o hipocótilo, epicótilo e tecidos meristemáticos das folhas, mas não tem ação sobre os tecidos radiculares, ou seja, age apenas sobre os órgãos da parte aérea (Rodrigues et al., 1998).

O ingrediente ativo possui curta persistência no ambiente, sendo resistente à lixiviação devido a sua baixa solubilidade e por ser fortemente adsorvido ao solo.

Estudos preliminares mostram que a degradação microbiana não é o principal fator de perda do oxyfluorfen no solo. Ainda que a perda por fotodecomposição do produto na água seja rápida, porém, no solo é lenta (Guimarães, 1988).

A duração da atividade residual do oxyfluorfen é de seis meses, dependendo da dose empregada. Essa residualidade é favorecida por alta umidade e também por sombra (Rodrigues et al., 1998).

2.5 Glyphosate

2.5.1 Características gerais do produto

O glyphosate pertence ao grupo químico da glicina, cuja denominação é N-(fosfonometil) glicina. Sua solubilidade em água a 25° C é 12000 ppm, apresenta densidade de 0,5 g cm⁻³ e pressão de vapor praticamente nula. Peso molecular 169,1, apresentando-se no estado sólido, coloração branca e inodoro. Seu ponto de fusão é 200° C (Weed Science Society of America, 1994 e Rodrigues et al., 1998).

O produto é formulado em solução aquosa concentrada, na proporção de 480 g l⁻¹, possuindo diversas marcas comerciais registradas, tais como Roundup, Gliz, Glifosato Nortox e Glifosato Agripec, entre outros.


O produto comercial não é inflamável e nem corrosivo para a maioria dos metais, exceto ao ferro e material galvanizado.

A atividade do glyphosate é reduzida, quando misturado com herbicidas residuais, principalmente se formulados em pó molhável, tais como uréias substituídas e triazinas e, também, com herbicidas de absorção foliar, tais como paraquat, dalapon, MSMA, entre outros.

O glyphosate apresenta-se estável por cinco anos, em condições normais de armazenamento.

2.5.2 Indicações de uso

Glyphosate não é seletivo e deve ser aplicado em pós-emergência das plantas daninhas, nas culturas para as quais é recomendado, em jato dirigido, sem atingir a cultura, usando-se, quando necessário, protetores. Aplica-se quando as plantas daninhas estão em pleno vigor vegetativo, até o período inicial de florescimento. O volume de calda utilizado é variável, sendo que no caso de



aplicações terrestres, normalmente são utilizados de 200 a 600 l ha⁻¹. No caso de aplicação aérea, normalmente, utilizam-se volumes de calda na ordem de 25 a 60 l ha⁻¹. Recomenda-se repetir o tratamento, caso ocorram chuvas até seis horas após a aplicação. Em vegetação roçada deve aguardar-se a formação de folhagem antes de aplicar o produto. Quando usado para eliminação de plantas daninhas em áreas destinadas ao cultivo, a semeadura pode ser realizada logo após o tratamento, pois o produto não tem poder residual.

2.5.3 Comportamento do produto

O glyphosate é absorvido pelas folhas, penetrando através da cutícula por difusão. Apresenta translocação apo-simplástica, com preferência simplástica, tanto para as folhas e pontos de crescimento aéreos, como para os órgãos subterrâneos.

Com relação ao mecanismo de ação, o glyphosate atua sobre a atividade enzimática da rota metabólica do ácido shiquímico (Vickery e Vickery, 1981), inibindo a mutase corísmica e/ou desidratase prefênica, precursoras da síntese de aminoácidos aromáticos (Taiz e Zeiger all, 1991, e Salisbury e Ross, 1992).

O efeito visual decorrente da ação do herbicida é o amarelecimento e consequente morte das folhas e talos, fato normalmente observado de 4 a 10 dias após a aplicação do produto.

O ingrediente ativo possui persistência média no meio ambiente, com deslocamento pequeno para as regiões vizinhas.

2.6 Fenologia do milho

O milho é uma planta de ciclo vegetativo anual, cujo período de duração é bastante variado, evidenciando desde cultivares extremamente precoces, cuja

polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, em nossas condições, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos cultivares (super-precoce, precoce e tardio), período este compreendido entre a semeadura e a colheita (Fancelli e Dourado Neto, 1996).

De forma geral, o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento:

- I- germinação e emergência: período compreendido desde a semeadura até o efetivo aparecimento da plântula;
- II- crescimento vegetativo: período compreendido entre a emissão da segunda folha e o início do florescimento;
- III- florescimento: período compreendido entre o início da polinização e o início da frutificação;
- IV- frutificação: período compreendido desde a fecundação até o enchimento completo dos grãos;
- V- maturidade: período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da camada negra, (Fancelli e Dourado Neto, 1996).

Todavia, para maior facilidade de manejo e estudo, bem como objetivando a possibilidade do estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos, com o desempenho da planta, segundo Fancelli (1986), adaptado de Hanway (1966), Nel e Smit (1978), citado por Fancelli e Dourado Neto (1996), o ciclo da cultura do milho foi dividido em 11 estádios distintos de desenvolvimento, conforme TABELA 7.

As fases de crescimento e desenvolvimento anteriores ao aparecimento das espigas, são identificadas mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Para os estádios posteriores à emissão da

espiga, a identificação deverá ser efetuada com base no desenvolvimento e consistência dos grãos.

TABELA 7. Resumo dos estádios fenológicos do ciclo da cultura do milho.

Estádio	Descrição
V 0	da semente até a emergência
V 1	planta com 4 folhas totalmente desdobradas
V 2	planta apresentando 8 folhas
V 3	planta com 12 folhas
R 4	emissão do pendão
R 5	florescimento e polinização
R 6	grão leitoso
R 7	grão pastoso
R 8	início da formação de dentes
R 9	grão duro
R 10	grão fisiologicamente maduro

Adaptado de Fancelli e Dourado Neto, 1996.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época de condução

O trabalho foi constituído de dois ensaios de campo e um ensaio em casa de vegetação, todos realizados na sede do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Embrapa Milho e Sorgo, município de Sete Lagoas MG.

3.2 Ensaio de campo

Os ensaios foram realizados no município de Sete Lagoas, que está situado a uma altitude média de 732m, latitude sul 19° 28' e longitude oeste 44° 15', cujo clima é classificado como Aw (segundo classificação de Koeppen), isto é, clima tipo savana. As informações climáticas encontram-se na FIGURA 1.

Os ensaios de campo, um com aplicações dos tratamentos no estádio VI e outro no estádio R6, da cultura, foram realizados no período denominado das águas, ou seja, plantio de ambos em 16/10/96, com emergência ocorrendo em 23/10/96, num solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, cujos resultados das análises química e física encontram-se na TABELA 8. A área onde foram conduzidos os experimentos é cultivada há vários anos.

A semeadura foi realizada no sistema plantio direto, sobre palha da cultura do feijão de inverno, através de semeadora marca Jumil, modelo Exacta, no espaçamento de 0,90 m entre linhas, com média de 6 plantas m⁻¹. Não foi utilizado herbicida para manejo, antes do plantio da cultura do milho, pois a área de plantio encontrava-se livre de plantas daninhas.

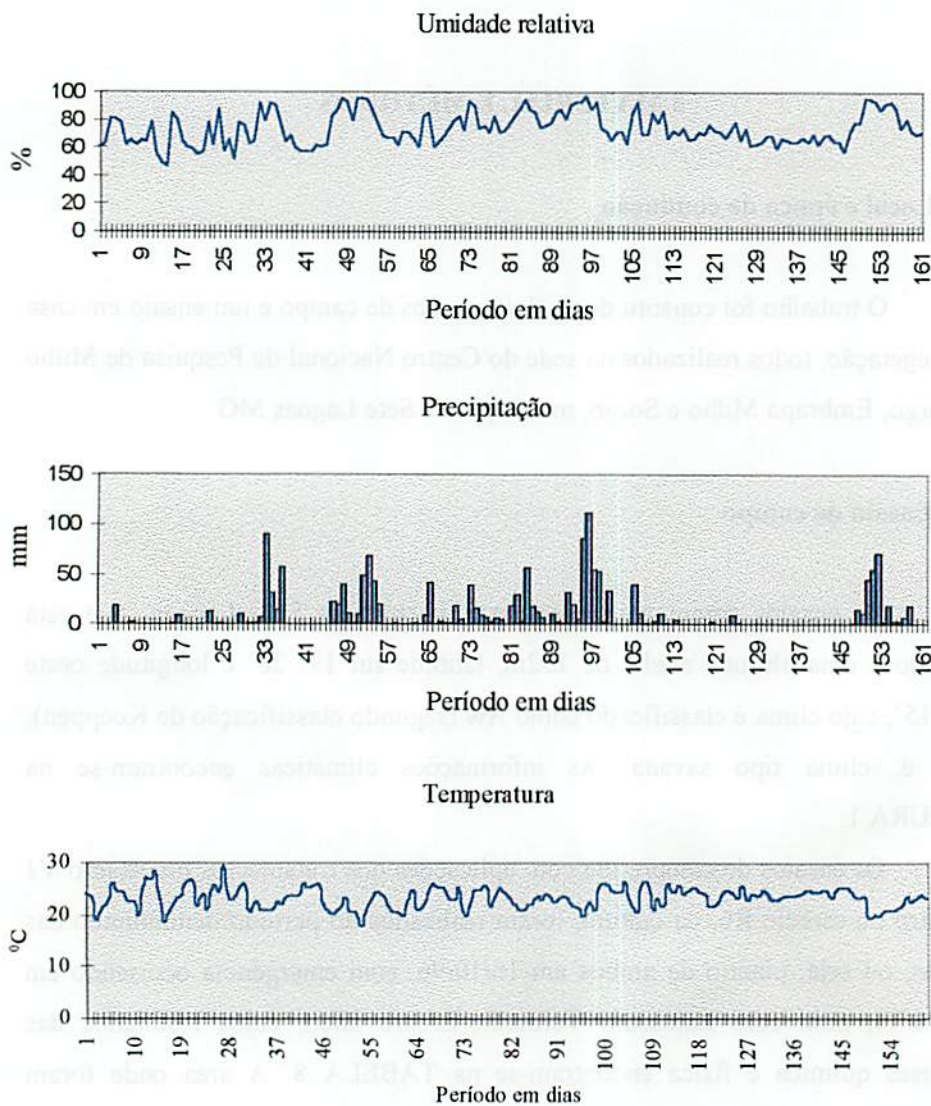


FIGURA 1. Variação diária da umidade relativa do ar (%), da precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), no período de condução dos experimentos de campo (01/10/96 a 10/03/97). Valores coletados na estação climatológica principal da Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

TABELA 8. Características químicas e físicas do solo, representadas pela amostra de solo da área experimental, coletada em 16/08/96, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, gleba Corte de Ferro, Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas-MG, 1996.*

Características	Valor	Método de análise
Química		
pH (H ₂ O 1:2,5)	6,20	H ₂ O 1:2,5
P (mg/dm ³)	9,00	Mehlich HCl 0,05N+H ₂ SO ₄ 0,025N
K (mg/dm ³)	60,00	Mehlich HCl 0,05N+H ₂ SO ₄ 0,025N
Ca (mmol/dm ³)	52,60	KCl 1N
Mg (mmol/dm ³)	10,30	KCl 1N
Al (mmol/dm ³)	0,50	KCl 1N
H + Al (mmol/dm ³)	35,40	-
SB (mmol/dm ³)	64,40	-
V (%)	64,53	-
CTC (mmol/dm ³)	99,80	-
M. O. (g/kg)	34,50	Walkley e Black
Relação Ca/Mg	5,10	-
Relação Ca/K	35,06	-
Relação Mg/K	6,86	-
Física		
Areia grossa (g/kg)	70	-
Areia fina (g/kg)	50	-
Limo (g/kg)	80	-
Argila (g/kg)	800	-
Textura	muito argiloso	-

*Análise realizada no Laboratório de Solos da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas MG.

A adubação básica realizada, em todos os tratamentos, de acordo com a análise de solo e o padrão utilizado pela Embrapa Solos, foi de 400 Kg/ha da formulação 08-28-16 (NPK+Zn).

Os demais tratamentos culturais foram efetuados da seguinte forma: controle de plantas daninhas efetuado em 30/10/96, através da aplicação da mistura de 2,50 kg ha⁻¹ de atrazina, formulada em óleo (Primóleo), mais 1,96 kg ha⁻¹ de metolachlor (Dual 960), em pós-emergência inicial da cultura (duas folhas) e das plantas daninhas. No caso de ataque de lagartas do cartucho, o controle foi efetuado através da aplicação do inseticida químico Lannate, na dose de 0,6 l ha⁻¹.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em 06/11/96 (14 dias após a emergência), e as avaliações foram efetuadas em: 13/11/96; 21/11/96; 04/12/96 e 02/01/97, para o experimento realizado no estádio V1. A colheita foi realizada dia 10/03/97.

Para o experimento realizado no estádio R6, a aplicação dos herbicidas foi realizada no dia 08/01/97, com a avaliação ocorrendo em 23/01/97. A colheita foi realizada dia 07/03/97.

3.2.1 Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado, para os ensaios de campo, foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 6 (três tipos de herbicidas e seis subdoses), com 4 repetições. Cada parcela foi constituída de 4 linhas de oito metros de comprimento cada, espaçadas 0.90 m entre si.

3.2.2 Tratamentos

Os tratamentos, conforme o apresentado no TABELA 9, foram constituídos dos herbicidas glyphosate, oxyfluorfen e suas misturas, em seis subdoses (0; 2; 4; 6; 12; 24%, da dosagem recomendada para a cultura do eucalipto). Para o tratamento testemunha foi considerado 0%. Os tratamentos foram aplicados em dois estádios do milho, V1 e R6 (adaptado de Fancelli e Dourado Neto, 1966), que se constituíram em dois experimentos, totalizando 18 tratamentos cada um.

As doses mais usuais de glyphosate, oxyfluorfen e glyphosate+oxyfluorfen, para a cultura de eucalipto, respectivamente, são: 2,88kg ha⁻¹; 1,44 kg ha⁻¹ e 2.88 + 1,44 kg ha⁻¹ (Rodrigues et al., 1998).

A cultivar de milho utilizada foi o híbrido triplo BR 3123, cujas principais características são: ciclo médio, com 50% de florescimento masculino aos 63 dias; maturação aos 130 dias; altura total de plantas 220 cm e altura de espigas 125 cm. Empalhamento e sanidade das espigas considerados excelentes. Ótima tolerância ao acamamento e quebramento. Comprimento de espiga 18 cm, grãos tipo semiduro de cor laranja-avermelhada, com 387 gramas de peso médio de 1000 grãos e arquitetura foliar semi-ereta. Soma térmica de 845°C, densidade recomendada de 55000 a 62500 plantas/ha.

3.2.3 Aplicação de Herbicida

A aplicação dos tratamentos foi efetuada com a utilização de pulverizador costal, equipado com barra de 8 bicos APG 110 02, pressurizado a CO₂, a uma pressão de 276 kPa, gastando-se 170 l de calda por hectare, para os tratamentos em V1 e 180 l de calda por hectare, para os tratamentos em R6.

Estas aplicações foram efetuadas no período da manhã (início 09:20 e término 11:05 horas, para os tratamentos em V1 e início 09:05 com término

10:45 horas, para os tratamentos em R6), livre de vento, turbulência e correntes ascendentes de ar, objetivando evitar qualquer tipo de interferência, tal como a deriva das subdoses (deriva simulada).

Para as aplicações em R6, a barra de pulverização foi suspensa por duas hastes, pulverizando por cima das plantas de milho.

TABELA 9. Tratamentos utilizados no experimento de deriva simulada através de aplicações de subdoses de glyphosate, oxyfluorfen e suas misturas, na cultura do milho, para no estádio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996.

Tratamento n°	Herbicida	Dose (g/ha)
01	glyphosate	0,0
02	glyphosate	57,6
03	glyphosate	115,2
04	glyphosate	172,8
05	glyphosate	345,6
06	glyphosate	691,2
07	oxyfluorfen	0,0
08	oxyfluorfen	28,8
09	oxyfluorfen	57,6
10	oxyfluorfen	86,4
11	oxyfluorfen	172,8
12	oxyfluorfen	345,6
13	glyphosate+oxyfluorfen	0,0 + 0,0
14	glyphosate+oxyfluorfen	57,6 + 28,8
15	glyphosate+oxyfluorfen	115,2 + 57,6
16	glyphosate+oxyfluorfen	172,8 + 86,4
17	glyphosate+oxyfluorfen	345,6 + 172,8
18	glyphosate+oxyfluorfen	691,2 + 345,6

3.2.4 Parâmetros avaliados

a- Fitotoxicidade: foram realizadas avaliações visuais aos sete e quatorze dias após a aplicação dos herbicidas, com atribuição de notas, que variaram de 00 (sem fitotoxicidade) até 100 (morte total das plantas), segundo metodologia utilizada por Al-Khatib et al (1992b) e Wall (1994).

b- Estande final: foi determinado através de contagem direta do número de plantas por parcela, na área útil de cada parcela (duas linhas centrais, totalizando 12m lineares).

c- Altura das plantas: as plantas amostradas foram medidas a partir do solo até a curvatura da folha de inserção mais alta, totalmente desdobrada, usando centímetro como unidade.

d- Peso da matéria seca (raiz e parte aérea): as plantas (raiz e parte aérea), conforme coletadas para avaliação, ou seja, plantas localizadas em 1 m linear dentro da área útil da parcela, foram colocadas em estufa, a uma temperatura de 60° C, durante um período de sete dias, após o que se efetuou a pesagem das mesmas em balança de precisão, na unidade de gramas.

e- Diâmetro do colmo: esta medida foi realizada por ocasião da colheita, nas plantas localizadas em 1 m linear dentro da área útil da parcela, utilizando-se paquímetro e o milímetro como unidade.

f- Rendimento de grãos: foi obtido através de pesagem dos grãos produzidos na área útil da parcela, após trilhagem e secagem, realizando a correção da umidade para 12%. A correção da umidade para 12%, nos grãos utilizados para determinação do rendimento, foi efetuada tendo como base a fórmula:

$$P = \frac{P_c (1 - U_o)}{(1 - U_i)}$$

em que:

P: peso corrigido

P_c: peso de campo determinado

U_o: umidade determinada

U_i: umidade de correção.

3.2.5 Parâmetros avaliados, para os experimentos no estádio R6

a- **Fitotoxicidade:** foi realizada avaliação visual, sete e quinze dias após a aplicação dos herbicidas, com atribuição de notas, que variaram de 00 (sem fitotoxicidade) até 100 (morte total das plantas), segundo metodologia utilizada por Al-Khatiab, Parker e Fuerst (1992c) e Wall (1994a).

b- **Estande final:** foi determinado através de contagem direta do número de plantas existente na área útil de cada parcela, na época das avaliações.

c- **Altura das plantas:** todas as plantas foram medidas a partir do solo até a curvatura da folha de inserção mais alta, totalmente desdobrada.

e- **Diâmetro do colmo:** esta medida foi realizada por ocasião da colheita, utilizando-se paquímetro.

f- **Rendimento de grãos:** foi obtido através de pesagem dos grãos produzidos na área útil da parcela, após trilhagem e secagem, realizando a correção da umidade para 12%, seguindo a mesma metodologia citada para o estádio V1.

A correção da umidade para 12%, nos grãos utilizados para determinação do rendimento, foi efetuada tendo como base a mesma fórmula citada na avaliação de rendimento, para o experimento no estádio V1.

3.3 Ensaio em casa de vegetação

Foi instalado um ensaio em casa de vegetação, na Estação Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, município de Sete Lagoas MG.

O ensaio foi efetuado com aplicação dos tratamentos no estádio V1, da cultura do milho.

O solo, para preenchimento dos vasos, foi coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade, na mesma área onde foi montado o experimento de campo. Para correção da fertilidade, foram utilizados calcário dolomítico tipo Filler e fertilizante fórmula 08-28-16 na proporção de 80g e 17g por vaso, respectivamente.

O plantio foi realizado em 23/09/97, utilizando-se 8 sementes por vaso, a uma profundidade de 3 cm. Posteriormente, realizou-se o desbaste, deixando-se 5 plantas por vaso.

Os herbicidas foram aplicados em 09/10/97, no estádio fenológico V1 (Fancelli e Dourado Neto, 1996). Para aplicação dos tratamentos, foi utilizado pulverizador costal equipado 2 bicos APG 110 02, pressurizado, utilizando cilindro de gás carbônico, cujo objetivo é manter constante a pressão de pulverização de 250 kPa.

3.3.1 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 6 (dois herbicidas e seis subdoses), com 4 repetições. Cada parcela foi constituída por um vaso plástico, com capacidade para 9,0 l.

3.3.2 Tratamento

Os tratamentos foram constituídos por dois herbicidas (glyphosate e oxyfluorfen), aplicados em 6 subdoses (0; 2; 4; 6; 12 e 24% da dose normalmente recomendada, conforme recomendações a seguir, para a cultura do eucalipto, sendo que 0% foi o tratamento considerado testemunha), totalizando 12 tratamentos.

As doses usuais de glyphosate e oxyfluorfen, para a cultura de eucalipto, respectivamente, são: 2,88kg ha⁻¹ e 1,44 kg ha⁻¹ (Rodrigues et al., 1998).

A cultivar de milho utilizada foi o híbrido triplo BR 3123.

3.3.3 Aplicação de herbicidas

Para aplicação dos tratamentos, foi utilizado pulverizador costal equipado com dois bicos, APG 110 02, pressurizado a CO₂, a uma pressão de 276 kPa, gastando-se 140 l de calda por hectare, para os tratamentos em V1.

3.3.4 Parâmetro avaliado

O parâmetro avaliado foi a fitotoxicidade, com avaliações visuais realizadas aos sete e quatorze dias após a aplicação dos herbicidas, com atribuição de notas, que variaram de 00 (sem fitotoxicidade) até 100 (morte total das plantas), segundo metodologia utilizada por Al-Khatiab, Parker e Fuerst (1992c) e Wall (1994a).

3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as interações significativas desdobradas. Foram efetuados testes de médias e ajustes das equações de regressão das variáveis, em função das doses dos herbicidas e das etapas de desenvolvimento da cultura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANAVA

O efeito dos tratamentos (interação herbicida versus dose), no experimento com aplicações no estádio V1, foi significativo para fitotoxicidade, rendimento, altura das plantas, número de espigas e estande final, conforme resumo da análise de variância, apresentada no QUADRO 1. Os índices obtidos de Coeficiente de Variação (C.V.) indicaram as seguintes estimativas de precisão para as variáveis fitotoxicidade (11,72%), altura de planta (15,42%), estande final (C.V.=18,29%), rendimento (C.V.=22,82%) e número de espigas (26,41%).

O resumo da análise de variância, dos parâmetros fitotoxicidade, rendimento, altura de planta, estande final e número de espigas, para o experimento realizado no estádio R6, são apresentados no QUADRO 2, mostrando que apenas os dois primeiros parâmetros foram significativos, no desdobramento dose dentro de herbicida.

O QUADRO 3 apresenta o resumo da análise de variância para o experimento montado em casa de vegetação, para tratamentos efetuados em V1 e avaliação de fitotoxicidade realizada 14 DAA, mostrando que houve efeito significativo para a interação herbicida versus dose.

O resumo da análise de variância, com desdobramento de Estádio dentro da interação Herbicida versus Dose (QUADRO 4), para os dados relativos ao rendimento de grãos, acusou que o rendimento físico de grãos foi afetado significativamente pela dose de todos os herbicidas, com exceção do oxyfluorfen aplicado no estádio R6.

QUADRO 1. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao rendimento

de grãos, fitotoxicidade, número de espigas, altura de plantas e estande final; para os tratamentos efetuados no estádio VI.

Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas MG, 1997.

QUADRADO MEDIO

F.V.	G.L.	Rend. ¹ (t/ha)	Fito. ² (%)	Nº espigas ³ (parcela)	Altura ⁴ (cm)	Estande ⁵ (p/12 m lín.)
Bloco	3	1,525	19,444	22,925	1762,528	115,500
Herbicida	2	20,780 **	11942,013 **	4188,513 **	26795,607 **	4609,763 **
Dose	5	14,774 **	10743,888 **	2922,955 **	24819,958 **	3521,122 **
H x D	10	2,061 **	885,763 **	419,113 **	4684,806 **	809,847 **
Resíduo	51	0,206	29,248	84,092	371,318	55,264
Medias Geral		1,992	46,111	34,722	124,977	40,638
C.V. (%)		22,824	11,728	26,410	15,418	18,292

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

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

1 - Produtividade

2 - Fitotoxicidade: 14 DAA

3 - Número de espigas por parcela

4 - Altura de plantas na colheita

5 - Estande final

QUADRO 2. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao rendimento de grãos e fitotoxicidade, para os tratamentos efetuados no estádio R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas MG, 1997.

QUADRADO MÉDIO						
F.V.	G.L.	Rend. ¹ (t/ha)	Fito ² (%)	Nº espigas ³ (parcela)	Altura ⁴ (cm)	Estande ⁵ (pl/12 m lin.)
Bloco	3	1,87	136,11	232,19	1090,73	83,05
Herbicida	2	11,50 **	3437,84 **	355,55 **	3,01 ns	262,68 **
Dose	5	4,48 **	2346,38 **	55,71 ns	70,70 ns	55,78 ns
H x D	10	1,11 **	570,34 **	65,73 ns	50,95 ns	24,39 ns
Resíduo	51	0,27	31,20	57,15	65,44	37,14
Média Geral		3,62	46,11	66,09	178,28	61,88
C.V. (%)		14,39	11,72	11,43	4,53	7,38

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

ns - não significativo.

¹ - Produtividade

² - Fitotoxicidade: 14 DAA

³ - Número de espigas por parcela

⁴ - Altura de plantas na colheita

⁵ - Estande final

QUADRO 3. Resumo da análise de variância dos dados relativos a fitotoxicidade (14 DAA), para os tratamentos efetuados em casa de vegetação no estádio V1. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas MG, 1997.

QUADRADO MÉDIO		
F.V.	G.L.	Fito¹ - (%)
Bloco	3	38,88
Herbicida	1	10800,00 **
Dose	5	5800,83 **
Herbicida x Dose	5	1097,50 **
Resíduo	33	12,37
Média Geral		36,66
C.V. (%)		9,59

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

¹ - Fitotoxicidade: 14 DAA

QUADRO 4. Resumo da análise de variância. Desdobramento de Estádio dentro da interação Herbicida versus Dose, para os dados relativos ao rendimento de grãos. Embrapa Milho e Sorgo, SeteLagoas-MG, 1996/1997.

F.V.	GL	Rendimento
Bloco	3	1,698 **
Herbicida (H)	2	31,604 **
Dose (D)	5	17,290 **
Estádio (E)	1	96,350 **
Herbicida x Estádio (HxE)	2	0,683 *
Dose de glyphosate em VI	1	7,422 **
Dose de glyphosate em R6	1	16,461 **
Dose de oxyfluorfen em VI	1	3,322 **
Dose de oxyfluorfen em R6	1	0,048 ns
Dose de gly + oxy em VI	1	21,373 **
Dose de gly + oxy em R6	1	12,780 **
Resíduo	102	0,240
Média geral		2,811
C.V. (%)		17,425

* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.
 ** Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

gly=glyphosate
 oxy=oxyfluorfen

4.2 Fitotoxicidade

4.2.1 Sintomas de fitotoxicidade no experimento em Casa de Vegetação

Os valores médios das notas de fitotoxicidade e respectivas equações de regressão, aos 7 e 14 DAA após a aplicação dos herbicidas, podem ser observados no QUADRO 5 e FIGURA 2.

Os tratamentos realizados com glyphosate seguiram modelo de equação linear, com aumento das médias das notas de injúrias, à medida que as doses foram aumentadas. Pelo teste de Tukey ao nível de 5%, observou-se que houve diferença significativa entre as doses aplicadas, ocorrendo uma intensificação do efeito fitotóxico à medida que a dose foi aumentada.

Verificou-se que, na avaliação realizada aos 14 dias após a aplicação, houve um aumento do efeito fitotóxico, comparando-se com a avaliação realizada aos 7 dias após a aplicação. Verificou-se, ainda, que a maior evolução do efeito fitotóxico ocorreu entre as menores doses aplicadas, ou seja 2%, 4% e 6%.

Os resultados obtidos com os tratamentos à base de oxyfluorfen seguiram modelo de equação linear, com aumento das médias das notas de injúrias, à medida que as doses foram aumentadas (FIGURA 2). Os resultados, analisados pelo teste de Tukey ao nível de 5%, aos sete dias, mostraram não haver diferença significativa entre as doses 4% e 6% e entre as doses 12% e 24%, e, aos quatorze dias após a aplicação, mostraram que os efeitos fitotóxicos deste herbicida, não apresentaram diferença significativa entre as doses 2%, 4% e 6% (FIGURA 3). Ao longo do tempo, os efeitos visuais fitotóxicos mantiveram-se restritos aos locais de contato e, logicamente, com o crescimento da área foliar das plantas, estas receberam notas menores na segunda avaliação (14 DAA). Isto, provavelmente seja devido à relativa capacidade de recuperação das plantas de milho e ao efeito da ação de contato do herbicida, em que as injúrias ficam

restritas ao local do efetivo contato. A única exceção foi na maior dose (24%), em que houve pequeno aumento na média das notas para a segunda avaliação, indicando que provavelmente esta seja a dose limiar para a tolerância da cultura do milho, ao herbicida oxyfluorfen.

QUADRO 5. Valores médios dos percentuais de fitotoxicidade, avaliação 7 DAA e 14 DAA, obtidos no experimento de subdoses dos herbicidas aplicados na cultura de milho no estágio V1, sob condições de casa de vegetação. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996.

Fitotoxicidade - 7 DAA						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	0,00 A a	15,00 A b	26,25 A c	38,75 B d	86,25 B e	97,50 B f
oxy	0,00 A a	13,75 A b	23,75 A c	23,75 A c	38,75 A d	43,75 A d

Fitotoxicidade - 14 DAA						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	0,00 A a	18,75 B b	45,00 B c	60,00 B d	87,50 B e	98,75 B f
oxy	0,00 A a	12,50 A b	20,00 A b	18,75 A b	33,75 A c	45,00 A d

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

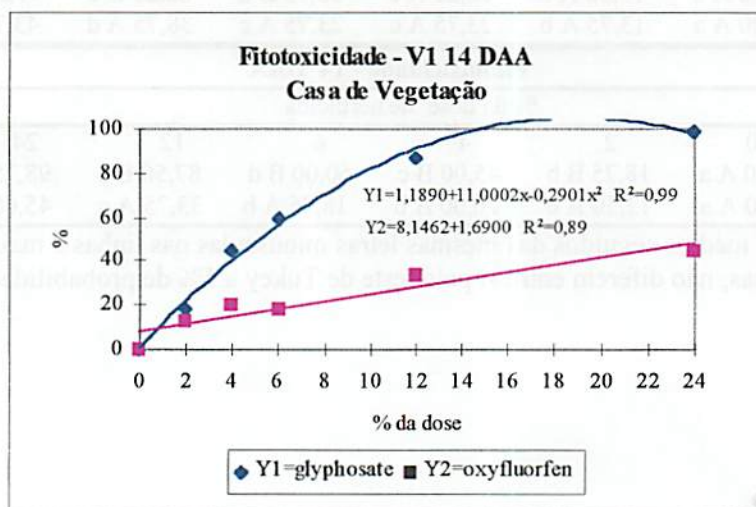
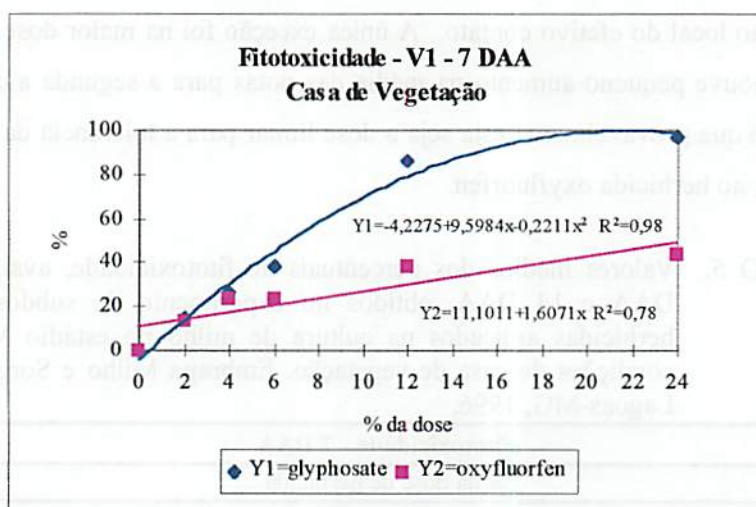


FIGURA 2. Equações de regressão entre doses dos herbicidas e as respectivas respostas de injúrias (%) em casa de vegetação, para tratamentos no estágio V1, com avaliações aos 7 e 14 DAA. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

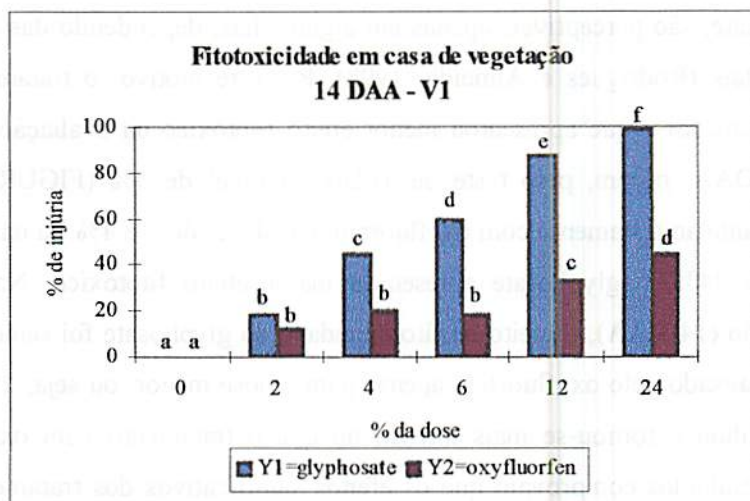
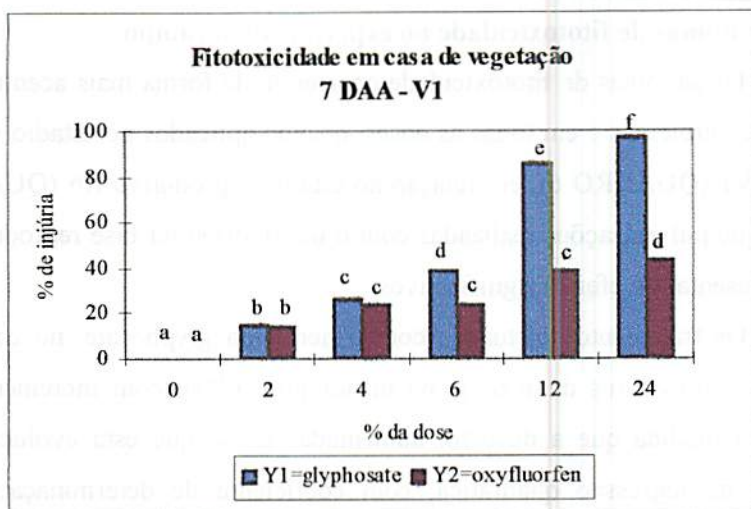


FIGURA 3. Histograma representando as respostas de fitotoxicidade, aos herbicidas e suas respectivas doses, para tratamentos efetuados no estágio V1, em casa de vegetação, com avaliações aos 7 e 14 DAA. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.



4.2.2 Sintomas de fitotoxicidade no experimento a campo

Os sintomas de fitotoxicidade ocorreram de forma mais acentuada, para todos os herbicidas e em todas as doses, quando aplicados no estágio vegetativo inicial V1 (QUADRO 6), em relação ao estágio reprodutivo R6 (QUADRO 7), sendo que pulverizações realizadas com o oxyfluorfen na fase reprodutiva (R6) não apresentaram efeitos significativos.

Os tratamentos efetuados com o herbicida glyphosate, no estágio V1, apresentaram efeitos danosos já na menor dose (2%), com incremento destes efeitos à medida que a dose foi aumentada, sendo que esta evolução seguiu modelo de regressão quadrática, com coeficiente de determinação de 0,97 (FIGURA 4). Estes efeitos de fitotoxicidade, devido ao mecanismo de ação do glyphosate, são perceptíveis apenas em alguns dias, dependendo das condições ambientais (Rodrigues e Almeida, 1998). Por este motivo, o tratamento com glyphosate foi o que apresentou menor efeito fitotóxico na avaliação realizada aos 7 DAA, porém, pelo teste de Tukey ao nível de 5% (FIGURA 5), foi semelhante ao tratamento com oxyfluorfen, nas doses de 2 e 4%. Já nas doses de 6; 12 e 24%, o glyphosate apresentou maior efeito fitotóxico. Na segunda avaliação (14 DAA), o efeito de fitotoxicidade do glyphosate foi semelhante ao efeito causado pelo oxyfluorfen, apenas para a dose menor, ou seja, 2%, após o que evoluiu e tornou-se mais intenso do que o tratamento com oxyfluorfen. Estes resultados comprovam que os efeitos significativos dos tratamentos com subdoses dos herbicidas, simulando deriva, são dependentes do herbicida, da dose, do estágio de desenvolvimento da cultura no momento da aplicação e do momento da aplicação (Eberlein e Guttieri, 1994).

No estágio R6, a fitotoxicidade causada pela deriva do herbicida glyphosate, apresentou efeito significativo ao nível de 1%, seguindo modelo de equação de regressão linear, em que o coeficiente de determinação foi de 0,89

(FIGURA 6). Neste estágio houve menor alteração entre as notas de fitotoxicidade nas avaliações aos 7 e 14 DAA, porque a cultura encontrava-se em um estágio de desenvolvimento em que seu metabolismo, para o desenvolvimento vegetativo já havia minimizado, a exemplo do trabalho realizado por Pereira e Crabtree (1986), com *Cyperus sculentus*.

O efeito visual de fitotoxicidade, devido ao tratamento com o herbicida oxyfluorfen, foi mais drástico do que o tratamento com o herbicida glyphosate por ocasião da primeira avaliação, para o estágio VI, apenas na dose 2% (QUADRO 6). Todavia, isto se inverteu durante a segunda avaliação, porque os efeitos de fitotoxicidade observados ficaram restritos aos locais de contato entre o produto e a planta, não havendo evolução dos efeitos com o desenvolvimento das plantas, ficando, portanto, este tratamento, com o menor índice de fitotoxicidade na segunda avaliação. O modelo de regressão que melhor se ajustou a este resultado foi a quadrática (coeficiente de determinação de 0,73).

Para o estágio R6, os efeitos de fitotoxicidade de oxyfluorfen não foram significativos (FIGURA 7), não havendo, portanto, neste caso, influência do fator herbicida e dos diversos níveis de dose testada e injúrias foliares nem sempre resultam em perdas no rendimento, especialmente quando as plantas tratadas encontram-se em estágio mais avançado.

A aplicação da mistura dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, no estágio VI da cultura do milho, apresentou os mais drásticos resultados de fitotoxicidade, em relação aos produtos aplicados isoladamente (QUADRO 6). Ocorreu efeito significativo, a partir da menor dose testada (2%) e, para as doses 12 e 24%, não houve diferença significativa entre os tratamentos à base de glyphosate (isolado ou em mistura com oxyfluorfen), nas duas épocas de avaliação, quando de sua aplicação na fase vegetativa. Ficou evidente um resultado somatório dos efeitos dos herbicidas na subdose de 2%, corroborando

com os trabalhos desenvolvidos por Al-Khatib, Parker e Fuerst (1992c), o qual constatou que, em geral, a combinação de dois herbicidas desenvolvem sintomas de ambos os herbicidas, semelhante àqueles, quando os herbicidas são aplicados individualmente. Já nas doses 4 e 6%, foi verificado efeito sinérgico da mistura destes ativos, corroborando com o trabalho de Pereira et al., 1986, em que o oxifluorfen associado ao glyphosate incrementou a absorção deste último, quando a aplicação foi realizada aos 30 DAE, em plantas de *Cyperus sculentos*. Em outro trabalho entretanto, Al-Khatib, Parker e Fuerst (1993) verificaram que aplicações de misturas de 2,4-D e glyphosate, em *Vitis vinifera*, desenvolveram apenas o sintoma do 2,4-D isoladamente, fato atribuído, pelo autor, à severidade do efeito deste último, em função da alta dose aplicada. O trabalho ora apresentado evidencia que nas doses de 12 e 24% de glyphosate, o efeito dose igualou-se ao efeito da mistura, conforme FIGURA 3.

O modelo de ajuste de equação de regressão que melhor se adaptou ao tratamento dos herbicidas em mistura foi do tipo quadrático, com coeficiente de determinação apontando 0,89, para a avaliação 14 DAA.

Os efeitos de fitotoxicidade, para os tratamentos com glyphosate e com a mistura dos herbicidas oxyfluorfen + glyphosate, no estágio R6, apresentaram resultados semelhantes. Portanto, podemos inferir que, neste estágio, o metabolismo vegetal atingiu um patamar onde já não ocorre o efeito somatório ou sinérgico, para a mistura dos herbicidas. O modelo de equação de regressão que melhor se ajustou a este caso foi a linear, com coeficiente de determinação de 0,96 (15 DAA).

QUADRO 6. Valores médios dos percentuais de fitotoxicidade, avaliação 7 DAA e 14 DAA, obtidos no experimento de subdoses dos herbicidas, no milho sob condições de campo, para aplicações no estádio V1. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/97.

Fitotoxicidade - 7 DAA - V1						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	0,00 A a	16,25 A b	23,75 A b	38,75 B c	88,75 B d	98,75 B e
oxy	0,00 A a	22,50 A b c	22,50 A b c	17,50 A b	30,00 A c d	35,00 A d
gly+oxy	0,00 A a	31,25 B b	66,25 B c	80,00 C d	91,25 B e	100,00 B f

Fitotoxicidade - 14 DAA - V1						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	0,00 A a	22,50 A b	50,00 B c	56,25 B c	88,75 B d	98,75 B d
oxy	0,00 A a	15,00 A b	17,50 A b	15,00 A b	37,50 A c	42,50 A c
gly+oxy	0,00 A a	38,75 B b	72,50 C c	82,50 C c d	92,50 B d e	100,00 B e

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

QUADRO 7. Valores médios dos percentuais de fitotoxicidade, avaliação 7 DAA e 14 DAA, obtidos no experimento de subdoses dos herbicidas, no milho sob condições de campo, para aplicações no estádio R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/97.

Fitotoxicidade - 7 DAA						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	0,00 A a	3,75 A B a b	8,75 B b	16,25 B c	27,50 B d	33,75 B e
oxy	0,00 A a	1,25 A a	2,50 A a	3,75 A a	3,75 A a	3,75 A a
gly+oxy	0,00 A a	6,25 B b	10,00 B b	18,75 B c	23,75 B c	35,00 B d

Fitotoxicidade - 14 DAA						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	0,00 A a	7,50 A a	11,25 A B a	23,75 B b	42,50 B c	52,50 B c
oxy	0,00 A a	2,50 A a	3,75 A a	2,50 A a	2,50 A a	2,50 A a
gly+oxy	0,00 A a	7,50 A a b	13,75 B b c	25,00 B c d	35,00 B d	57,50 B e

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

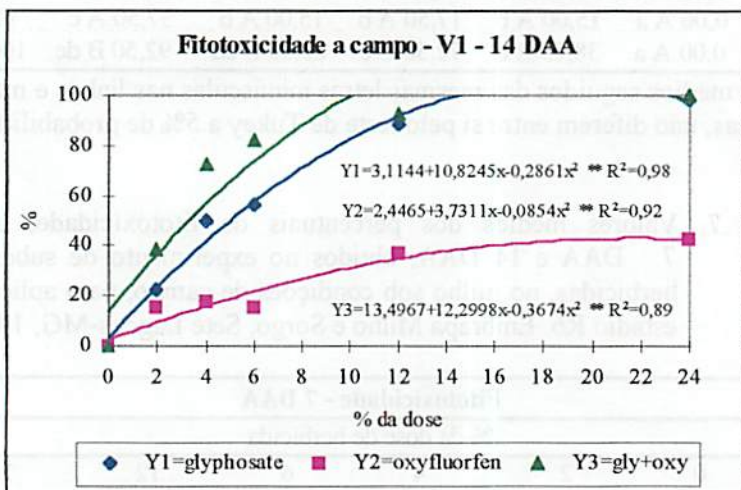
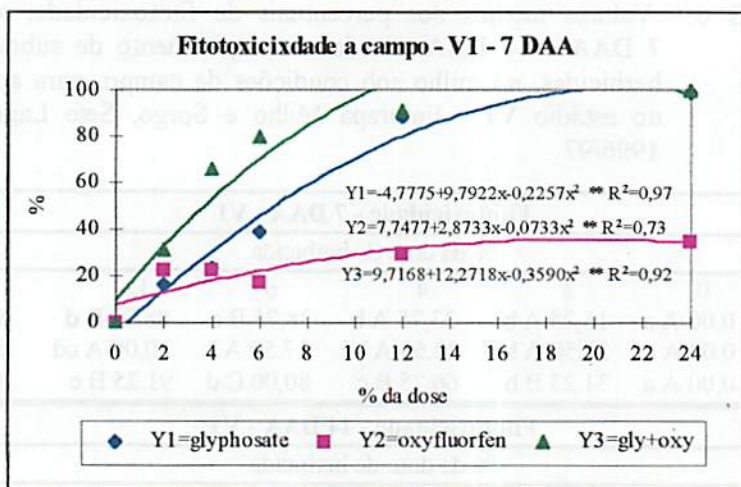


FIGURA 4. Equações de regressão entre doses dos herbicidas testados e as respectivas respostas de injúrias (%), para tratamentos realizados no estágio V1, com avaliações aos 7 e 14 DAA. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

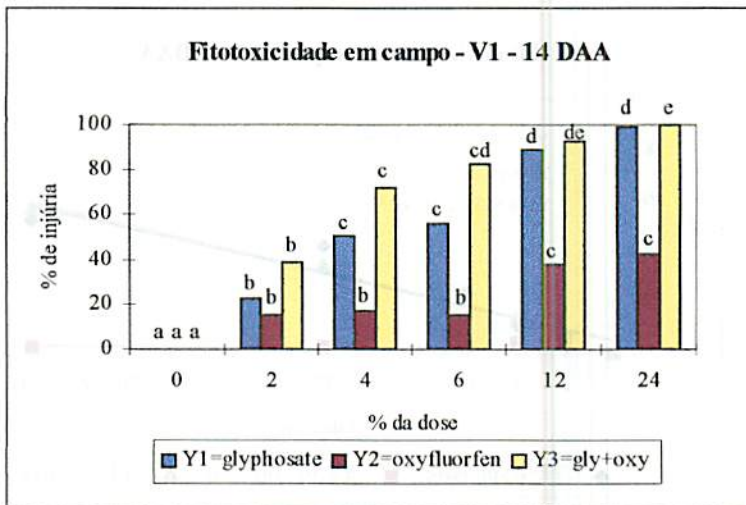
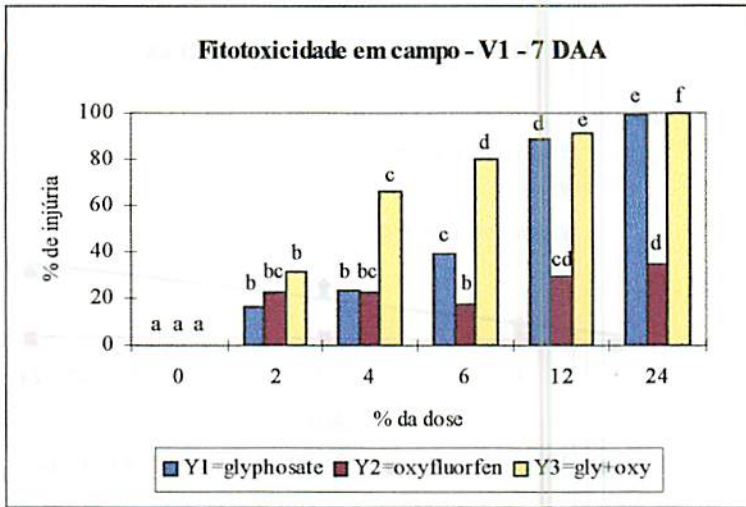


FIGURA 5. Histograma representando as respostas de fitotoxicidade, aos herbicidas e suas respectivas doses, para tratamentos efetuados no estádio V1, em casa de vegetação, com respostas aos 7 e 14 DAA. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

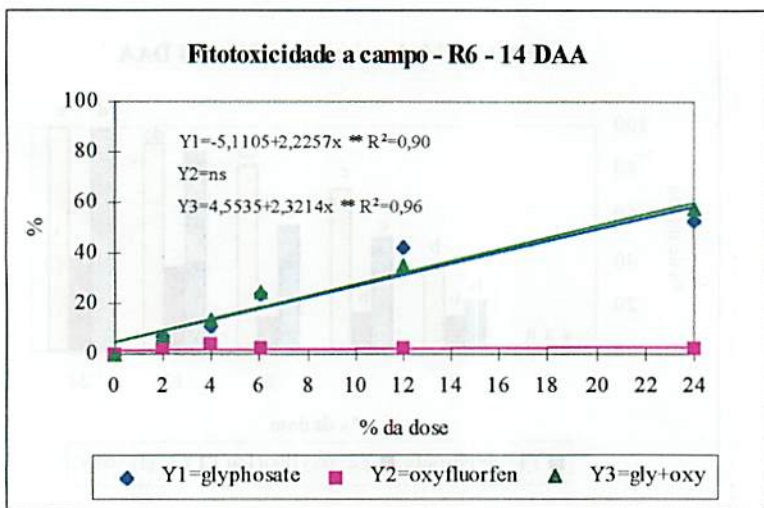
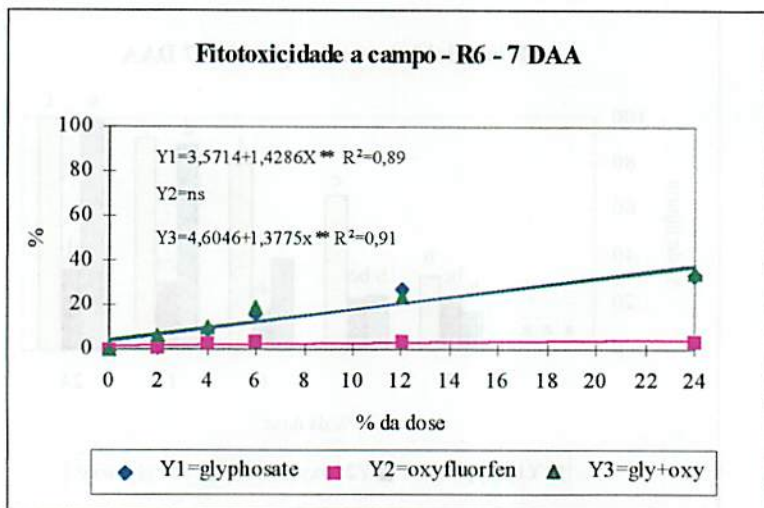


FIGURA 6. Equações de regressão entre doses dos herbicidas testados e as respectivas respostas de injúrias (%), causadas à cultivar BR 3123, para tratamentos realizados no estádio R6, com avaliações aos 7 e 14 DAA. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

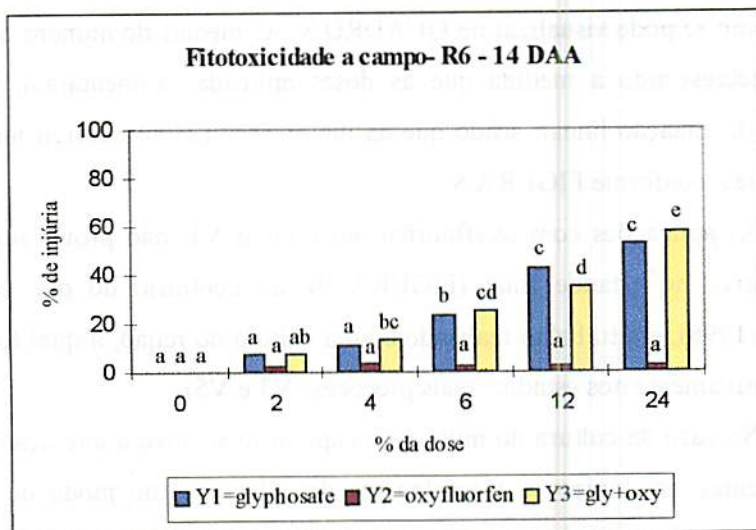
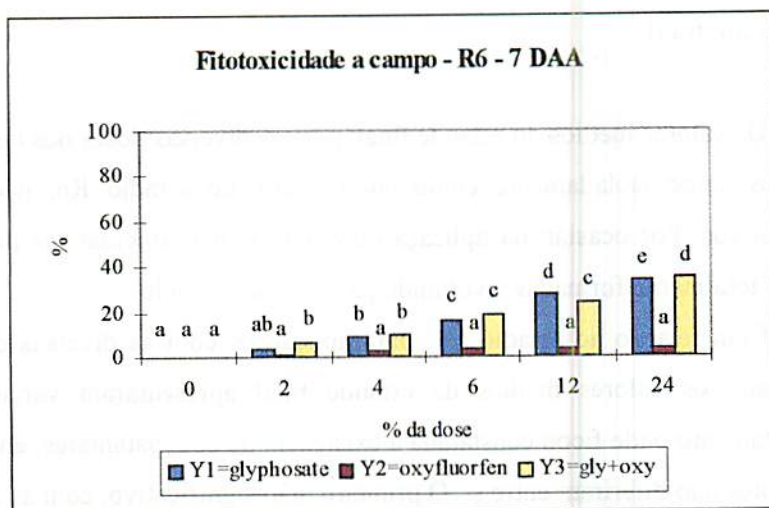


FIGURA 7. Histograma representando as respostas de fitotoxicidade, aos herbicidas e suas respectivas doses, para tratamentos efetuados no estádio R6, em casa de vegetação, com avaliação aos 7 e 15 DAA. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

4.3 Estande final

Os valores médios do estande final, para as diversas doses dos herbicidas aplicados, tanto isoladamente como em mistura, no estágio R6, não foram significativos. Por ocasião da aplicação dos referidos herbicidas, as plantas já estavam totalmente formadas, evoluindo para o final do ciclo.

Com relação ao estágio V1, para aplicações com as diversas doses de glyphosate, os valores médios de estande final apresentaram variações de comportamento onde ficou constatada a existência de dois patamares, em que os tratamentos não diferiram entre si. O primeiro, não significativo, com as doses 0; 2; 4; e 6% e o segundo, significativo em relação à testemunha com as doses 12 e 24%, como se pode visualizar no QUADRO 8. As médias do número de plantas foram decrescendo à medida que as doses aplicadas aumentaram, seguindo modelo de equação linear, sendo que na maior dose (24%) ocorreu morte total das plantas, conforme FIGURA 8.

As aplicações com oxyfluorfen, no estágio V1, não provocaram efeito significativo no estande final (FIGURA 9), ao contrário do que encontrou Lunkes (1996), em trabalho realizado com a cultura do feijão, a qual foi afetada significativamente nos estádios mais precoces (V3 e V5).

No caso da cultura do milho, a recuperação se deve à interação entre os componentes fisiológicos e morfológicos das plantas e ao modo de ação do herbicida, que possui efeito localizado, não sistêmico, o que possibilita relativa recuperação vegetativa destas plantas.

Os resultados das aplicações com a mistura dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, dentro do estágio V1, apresentaram maiores efeitos fitotóxicos, provocando maior redução no estande em relação aos herbicidas aplicados isoladamente. A subdose de 2% não apresentou efeito significativo, porém, para

as subdoses de 4 e 6% verificou-se efeito significativo e aditivo dos efeitos dos herbicidas da mistura. Ocorreu neste caso redução quadrática do estande, conforme equação de regressão, à medida que a dose foi aumentada de 2% até 24%, ocorrendo morte total das plantas na maior dose aplicada.

Os resultados obtidos indicam que o estágio de desenvolvimento da cultura é um fator de importância com relação aos efeitos causados pelos tratamentos testados, simulando deriva, em conformidade com o trabalho realizado por Hurst (1982), na cultura do algodão, em que plantas no estágio cotiledonar, tratadas com deriva simulada de bifenox e metribuzin, reduzem significativamente o estande da cultura e que nenhum dos herbicidas, testados durante cinco anos, reduziu significativamente o estande da cultura do algodão, quando a aplicação ocorreu entre o quinto e o oitavo nó do estágio da cultura.

QUADRO 8. Valores médios do estande final (plantas/12 m linear), para cultivar BR 3123, submetida as diversas doses dos herbicidas testados, para tratamentos no estágio VI. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

Estande final - V1						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	58,50 A a	52,00 A a	46,75 AB a	47,75 A a	6,75B b	0,00 B b
oxy	63,25 A a	57,25 A a	53,50 A a	54,50 A a	50,00 A a	59,75 A a
gly+oxy	58,75 A a	55,50 A a	38,00 B b	25,50 B b	3,75 B c	0,00 B c

Estande final - R6						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	60,56 A a	63,37 A a	59,44 A a	57,38 A a	60,75 A a	61,50 A a
oxy	63,19 A a	65,25 A a	67,50 A a	61,13 A a	63,37 A a	68,06 A a
gly+oxy	58,50 A a	60,75 A a	58,88 A a	59,44 A a	63,38 A a	61,50 A a

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

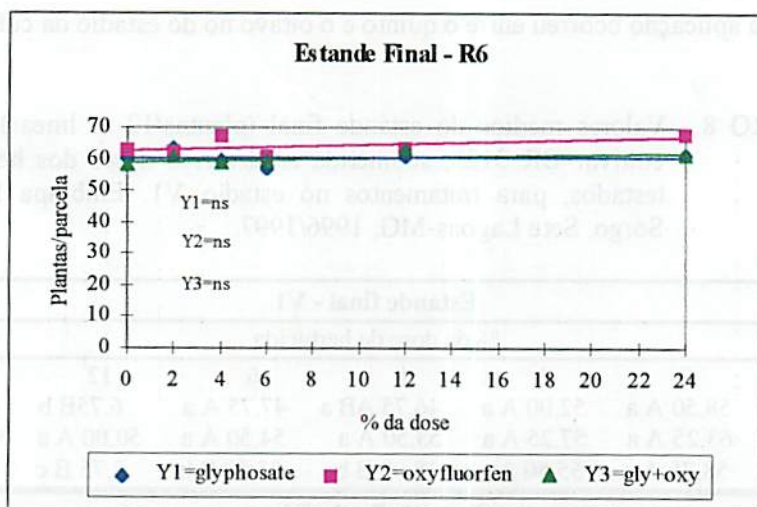
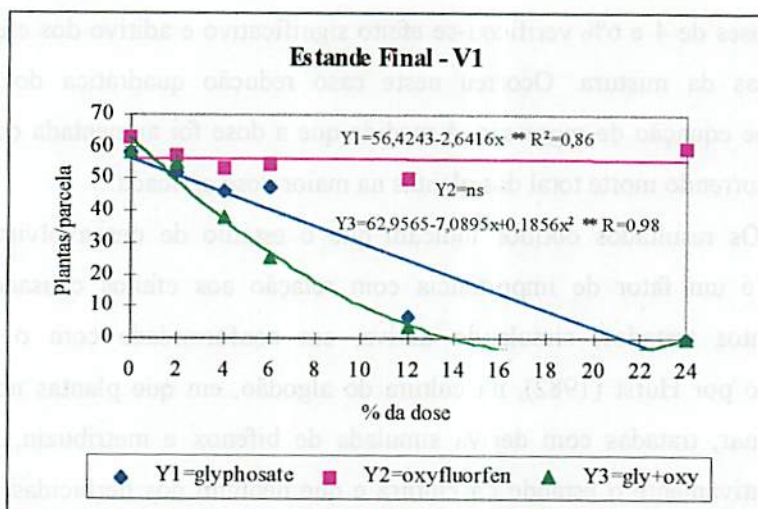


FIGURA 8. Equações de regressão entre doses dos herbicidas e as respectivas respostas de estande final, para tratamentos no estádio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

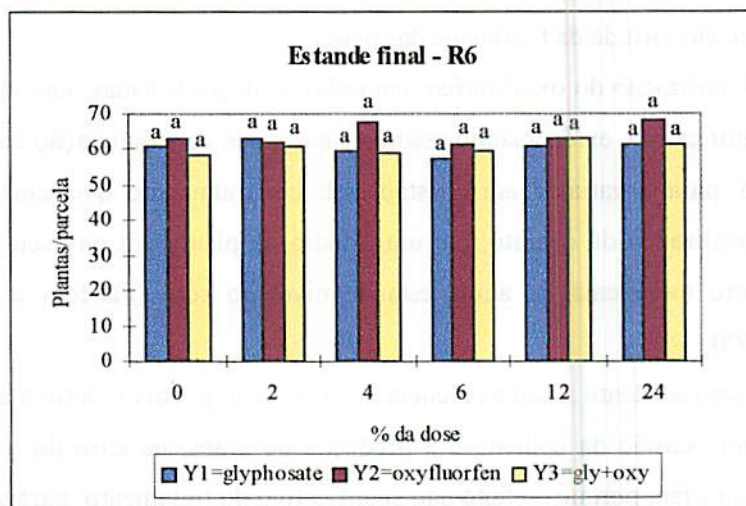
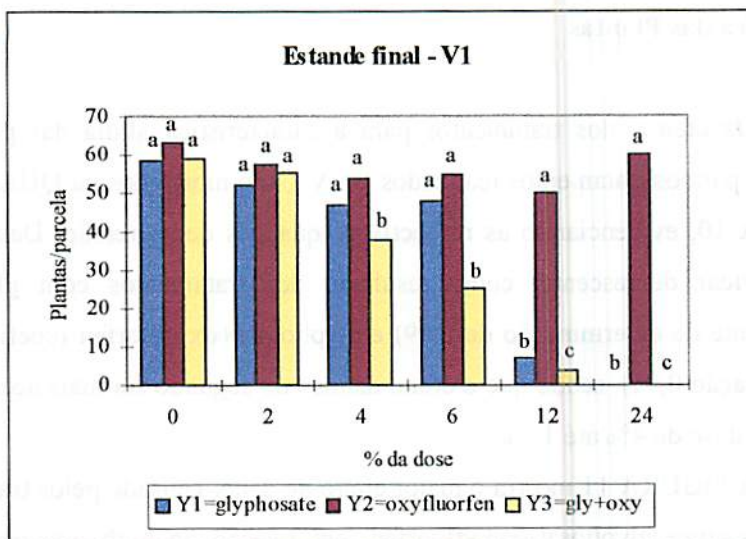


FIGURA 9. Histograma representando as respostas de estande final, aos herbicidas e suas respectivas doses, para tratamentos efetuados nos estádios V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

4.4 Altura das Plantas

Os efeitos dos tratamentos para a característica altura das plantas na colheita, para os tratamentos realizados em VI, são mostrados na QUADRO 9 e FIGURA 10, evidenciando as respectivas equações de regressão. Destaca-se o efeito linear decrescente, como resultado dos tratamentos com glyphosate (coeficiente de determinação de 0,99) e glyphosate+oxyfluorfen (coeficiente de determinação 0,91), sendo que o efeito danoso do segundo foi mais acentuado, a partir da dose de 4% até 12%.

A FIGURA 11 mostra o maior efeito de dano, causado pelos tratamentos com a mistura glyphosate+oxyfluorfen, em relação ao herbicida glyphosate, aplicados isoladamente, até a dose de 12%, já que na dose de 24%, os efeitos se igualaram, em virtude da totalidade das perdas.

A utilização do oxyfluorfen, em todas as doses testadas, não apresentou efeito significativo, evidenciando assim a capacidade de recuperação das plantas de milho, para a variável em questão, sob um tratamento que causa apenas efeitos localizados de contato, em um estágio da planta em que seu ponto de crescimento meristemático ainda está ao nível do solo (Fancelli e Dourado Neto, 1996).

Ficou evidente a não existência de correlação positiva entre a altura das plantas por ocasião da colheita e a produção de grãos, no caso do tratamento com oxyfluorfen, porque o efeito não significativo do tratamento, para a variável altura, não foi acompanhado pela variável rendimento de grãos, ou seja, houve perdas significativas no rendimento. O mesmo não ocorreu nos tratamentos que continham glyphosate, em que houve redução no porte da planta e redução no rendimento de grãos.

Os tratamentos realizados no estágio R6, para todos os herbicidas e doses, não apresentaram efeitos significativos, para a variável altura de plantas

na colheita, visto que por ocasião destes tratamentos, as referidas plantas já haviam atingido sua altura definitiva.

Portanto, mais uma vez ficou explícito o efeito mais danoso, quando da ocorrência de deriva oriunda da aplicação de herbicidas glyphosate e oxyfluorfen em mistura, sobre a cultura do milho, no estágio V1, fato que também ocorreu com os trabalhos realizados por Bailey e Kapusta (1993), em que subdoses de primisulfuron e nicossulfuron, em cultura de soja, também causaram redução na altura das plantas tratadas, mais drasticamente no estágio V3 do que em R1.

QUADRO 9. Valores médios de altura de plantas (cm) e equação de regressão, para plantas submetidas às subdoses dos herbicidas, para tratamentos no estágio V1. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1997.

Altura de plantas - V1						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	67,75 A a	154,75 A ab	143,00 A ab	119,00 B bc	83,95 B c	0,00 B d
oxy	71,87 A a	168,75 A a	162,00 A a	165,62 A a	161,87 A a	148,12 A a
g+o	165,50 A a	160,25 A a	130,35 A ab	111,25 B b	35,55 C c	0,00 B c

Altura de plantas - R6						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	182,62 A a	172,50 A a	178,37 A a	177,50 A a	175,00 A a	181,62 A a
oxy	180,62 A a	176,87 A a	178,62 A a	179,12 A a	179,00 A a	175,37 A a
g+o	175,80 A a	176,51 A a	177,22 A a	177,93 A a	180,07 A a	184,34 A a

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

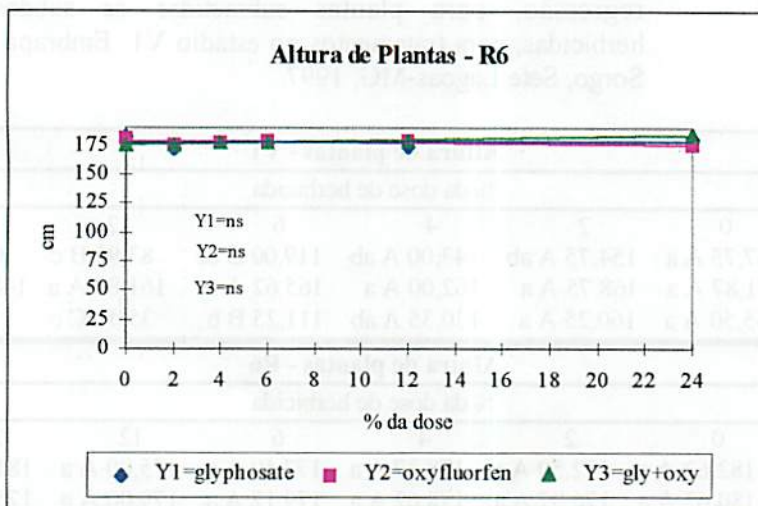
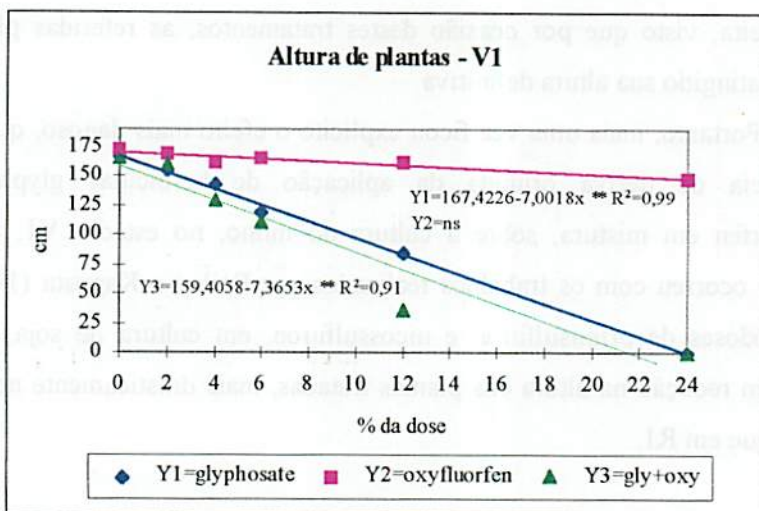


FIGURA 10. Equações de regressão entre doses dos herbicidas testados e as respectivas respostas de altura de plantas na colheita, para tratamentos realizados no estádio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

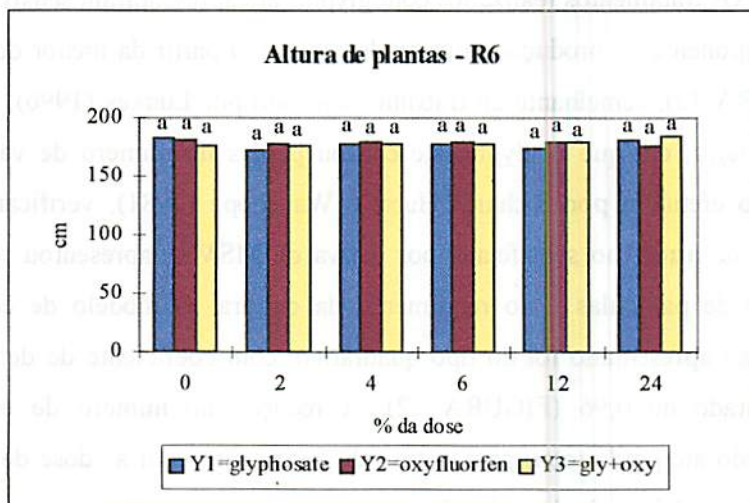
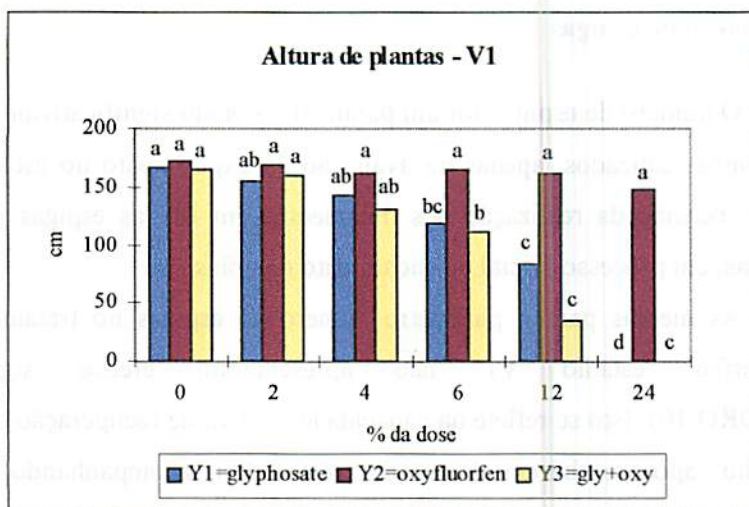


FIGURA 11. Histograma representando as respostas de altura de plantas, aos herbicidas e suas respectivas doses, para tratamentos efetuados no estádio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

4.5 Número de espigas

O número de espigas foi um parâmetro afetado significativamente, pelos tratamentos realizados, apenas na avaliação do experimento no estádio V1, já que por ocasião da realização dos tratamentos em R6, as espigas já estavam formadas, em processo inicial de enchimento de grãos.

As médias para o parâmetro número de espigas no tratamentos com oxyfluorfen, estádio V1, não apresentaram efeitos significativos (QUADRO 10). Isto se reflete na capacidade relativa de recuperação das plantas de milho, após receberem deriva de oxyfluorfen, acompanhando o modelo apresentado para o parâmetro altura de plantas, conforme testado.

Os tratamentos realizados com glyphosate apresentaram sensível redução no componente de produção número de espigas, a partir da menor dose testada (FIGURA 13), semelhante ao trabalho realizado por Lunkes (1996), na cultura de feijoeiro, em que o glyphosate causou perdas no número de vagens e ao trabalho efetuado por Richard, Hurst e Wauchope (1981), verificando que a cultura de arroz, ao ser afetada por deriva de MSMA, apresentou redução no número de panículas e no rendimento da cultura. O modelo de equação de regressão apresentado foi do tipo quadrático, com coeficiente de determinação apresentado de 0,96 (FIGURA 12). A redução no número de espigas foi evoluindo até perda total, para o caso do tratamento com a dose de 24%, que todavia não diferiu da dose de 12%.

A deriva simulada da mistura entre glyphosate e oxyfluorfen, quando atingiu a cultura do milho, apresentou maior prejuízo, em relação ao glyphosate aplicado isoladamente, apenas na dose de 4%. As perdas ocorreram na menor dose, evoluindo até perda total na produção de espigas, no caso do tratamento com a dose máxima (24%). A equação de regressão que melhor se ajustou a este

tratamento foi do tipo quadrática, em que o coeficiente de determinação foi de 0,98 (FIGURA 12).

QUADRO 10. Valores médios de número de espigas por parcela na colheita, para a cultivar BR 3123, submetida as diversas doses dos herbicidas testados, para tratamentos no estágio V1. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1997.

Número de espigas - V1						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	50,25 A a	42,00 A ab	40,00 AB ab	30,25 B b	4,00 B c	0,00 B c
oxy	55,75 A a	51,50 A a	50,75 A a	52,25 A a	44,50 A a	45,00 A a
g+o	51,75 A a	47,25 A ab	31,25 B bc	26,75 B c	1,75 B d	0,00 B d

Número de espigas - R6						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	51,00 A a	51,75 A a	46,88 A a	44,81 A a	48,38 A a	44,63 A a
oxy	49,50 A a	51,75 A a	57,18 A a	50,43 A a	53,62 A a	54,09 A a
g+o	49,31 A a	45,75 A a	47,81 A a	46,50 A a	53,06 A a	45,00 A a

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

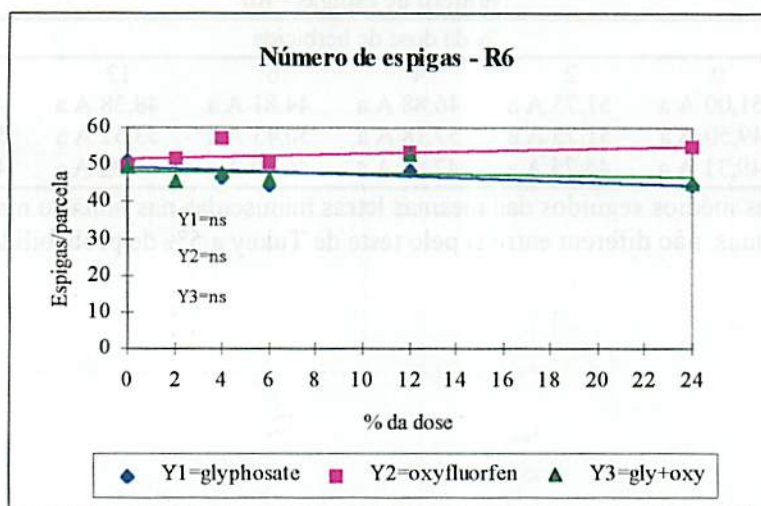
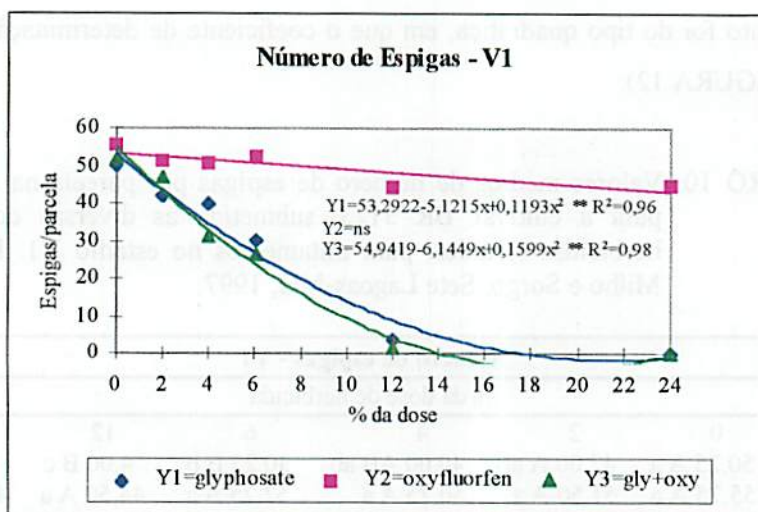


FIGURA 12. Equações de regressão entre doses dos herbicidas testados e as respectivas respostas do número de espigas por parcela, para tratamentos realizados no estádio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

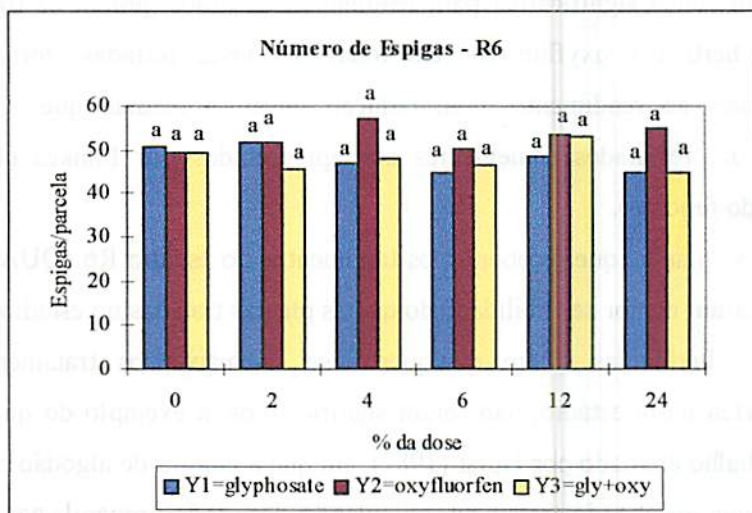
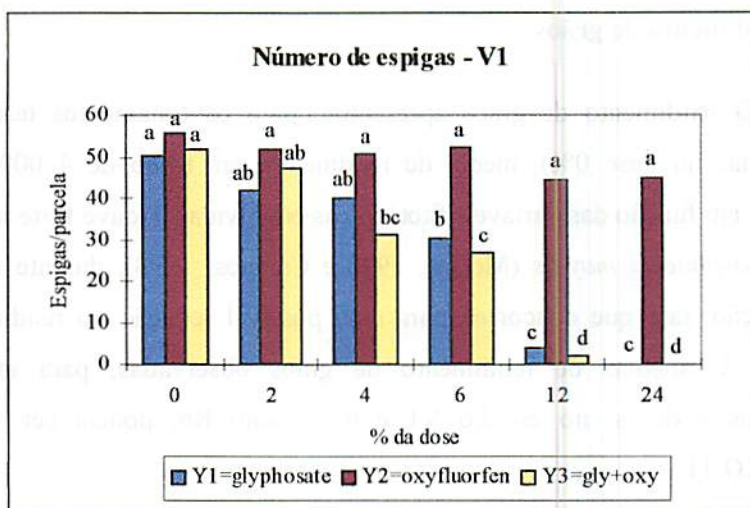


FIGURA 13. Histograma representando as respostas de número de espigas, aos herbicidas e suas respectivas doses, para tratamentos efetuados no estágio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

4.6 Rendimento de grãos

O rendimento de grãos apresentou, para os tratamentos testemunhas (herbicidas na dose 0%), média de rendimento em torno de 4 000 kg ha⁻¹, razoável em função das variáveis fitotécnicas envolvidas. Houve forte incidência de *Phaeosphaeria maydis* (McGee, 1988 e Campos, 1998), durante a fase de frutificação, fato que concorreu para uma possível redução no rendimento da cultura. As médias de rendimento de grãos observadas, para efeito dos herbicidas e doses, no estádio V1 e no estádio R6, podem ser vistas na QUADRO 11.


Percebe-se que no estádio V1, tanto para herbicida quanto para dose, houve diferença significativa para rendimento de grãos, porém os tratamentos com o herbicida oxyfluorfen, em todas as doses testadas, foram menos prejudiciais ao rendimento, com redução linear, à medida que a dose foi aumentada, resultados semelhantes aos apresentados por Lunkes (1996), na cultura do feijoeiro.

As plantas que receberam os tratamentos no estádio R6 (QUADRO 11) apresentaram menor sensibilidade do que as plantas tratadas no estádio V1, para todos os herbicidas e em qualquer dose. Inclusive, os tratamentos com oxyfluorfen neste estádio, não foram significativos, a exemplo do que ocorreu com trabalho efetuado por Hurst (1982), em que a cultura de algodão no estádio cotiledonar, recebendo tratamento simulando deriva de propanil, nas doses de 0,1 kg ha⁻¹ até 1,1 kg ha⁻¹ entre 1975 e 1979, sempre apresentou perdas de rendimento. Já as aplicações no estádio do quinto nó, reduziram o rendimento apenas nas dosagens acima de 0,1 kg ha⁻¹ em 1975 e o rendimento não foi significativamente afetado, quando a aplicação ocorreu no estádio de oito nós, nos anos de 1976 e 1978.

No trabalho ora apresentado, esses resultados foram ratificados com as seguintes observações: o efetivo prejuízo causado pelo oxyfluorfen às plantas se deve a uma redução na área foliar ou fotossintética, com a qual o herbicida entra em contato. No estádio R6, a percentagem de redução da área foliar não é tão significativa quanto no estádio V1. O colmo após o crescimento vegetativo, passa a funcionar como órgão armazenador de carboidratos e, mesmo após a total retirada das folhas da planta de milho, continua havendo enchimento dos grãos, com progressiva perda de peso do colmo (Magalhães, Durões e Paiva, 1995).

As diferentes doses de glyphosate causaram rendimentos drasticamente decrescentes, para tratamentos efetuados no estádio V1, seguindo modelo de equação quadrática, conforme FIGURA 14. Verifica-se que o glyphosate é mais prejudicial nos estádios iniciais de desenvolvimento (V1 em relação a R6), apresentando redução na produção já na dose de 2% e culminando com prejuízo total para a dose de 24%, como se verifica na FIGURA 15, em conformidade com o trabalho de Chernicky e Slife (1986), onde é afirmado que a elevada aplicação de "graminícidas" pós-emergente na cultura da soja aumenta o risco de ocorrência de deriva para outras poáceas, em especial o milho. Muitas plantas daninhas poáceas são mais susceptíveis ao diclofop, até o estádio de 4 folhas, após o que é observado aumento na tolerância. Em poáceas anuais, o sethoxydin é mais ativo, quando aplicado nos estádios iniciais. No caso do milho, há maior sensibilidade ao sethoxydin no estádio vegetativo V3 para V4 (20 a 30 cm de altura), comparando com R6 para R7 (formação da boneca).

Os danos causados pelos tratamentos com a mistura glyphosate e oxyfluorfen no estádio V1 (QUADRO 11), iniciam-se a partir da subdose de 2%, sendo que, nesta subdose, os resultados foram semelhantes, quando comparados aos obtidos com as aplicações isoladas do glyphosate. Os resultados das aplicações dos herbicidas em mistura apresentaram efeito mais danoso nas doses



de 4 e 6%, embora estatisticamente isto não tenha sido comprovado, contrário ao que foi observado por Chemicky e Slife (1986), em que ocorreu antagonismo entre sethoxydin e bentazon. Os resultados observados corroboram com o trabalho de Pereira e Crabtree (1986) que verificaram ser a combinação de glyphosate e oxyfluorfen, mais fitotóxica do que os dois herbicidas aplicados isoladamente, em *Cyperus esculentus*. Esses autores verificaram também que, em estádios mais desenvolvidos, quando os tubérculos das plantas já estão formados, elas diminuem seu metabolismo, não sendo geralmente afetadas pelos herbicidas de forma sinérgica.

Verificou-se um decréscimo acentuado no rendimento da cultura, seguindo modelo de equação quadrática, em que este rendimento chegou a zero, para o tratamento 24% da dose e próximo de zero ($0,10 \text{ ton ha}^{-1}$), para o tratamento 12% da dose. Este efeito mais drástico é devido ao resultado de adição entre os herbicidas, visto que, devido às diferenças nos mecanismos de ação dos mesmos, são desencadeados dois processos fisiológicos prejudiciais no interior das plantas (Duke et al, 1991; Scalla e Matringe, 1994 e Vickery e Vickery, 1981).

Portanto, com relação ao rendimento de grãos, verifica-se que a cultura do milho é mais sensível à deriva de todos os herbicidas testados, no estágio V1, já apresentando perdas a partir da menor dose testada (2%). Na dosagem máxima testada (24%), tanto o glyphosate isoladamente, quanto sua mistura com oxyfluorfen, causaram perda total no rendimento esperado. De forma geral, a deriva da mistura dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen foi mais prejudicial à cultura do milho do que a deriva dos produtos aplicados isoladamente, no estágio V1. No estágio R6, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos com glyphosate e glyphosate mais oxyfluorfen.

As perdas causadas ao rendimento da cultura do milho, em função da deriva simulada para o estágio V1, está associada à redução final do estande e do número de espigas. Como para o estágio R6 não houve redução de estande e do número de espigas, conclui-se que existem outros componentes de produção contribuindo para a queda no rendimento, obviamente, número e peso de grãos.

Os tratamentos com glyphosate e glyphosate+oxyfluorfen, no estágio R6, não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5%, dentro das respectivas doses, fato que comprova não haver qualquer efeito aditivo ou sinérgico neste estágio.

QUADRO 11. Valores médios do rendimento de grãos (ton ha⁻¹) da cultivar BR 3123, submetida as diversas doses dos herbicidas testados, para tratamentos no estágio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

Peso de grãos - V1						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	3,32 B a	2,15 B b	1,72 B bc	1,16 B c	0,19 B d	0,00 B d
oxy	3,62 AB a	3,26 A ab	3,10 A ab	3,37 A ab	2,62 A b	2,44 A b
gly+oxy	4,30 A a	2,77 AB b	1,29 B c	0,48 B cd	0,10 B d	0,00 B d

Peso de grãos - R6						
% da dose de herbicida						
Herb	0	2	4	6	12	24
gly	4,55 A a	3,75 A ab	3,57 B ab	2,98 B bc	2,47 B cd	1,82 B d
oxy	4,38 A a	4,35 A a	4,66 A a	4,40 A a	4,48 A a	4,28 A a
gly+oxy	4,30 A a	4,02 A ab	3,37 B ab	3,07 B b	2,94 B bc	1,94 B c

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

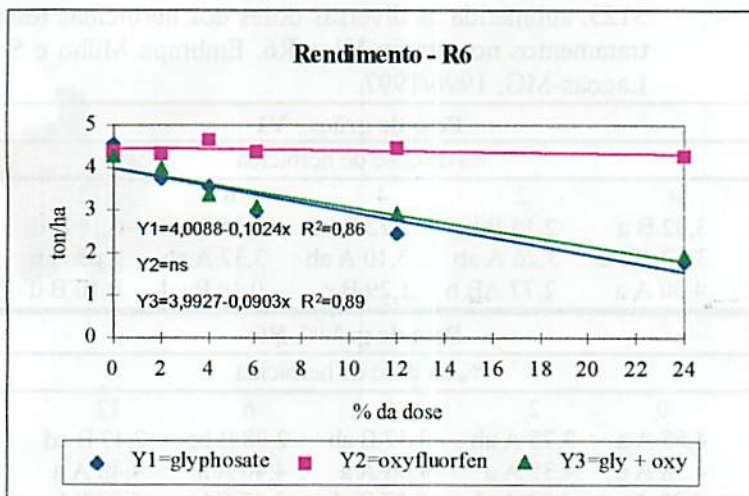
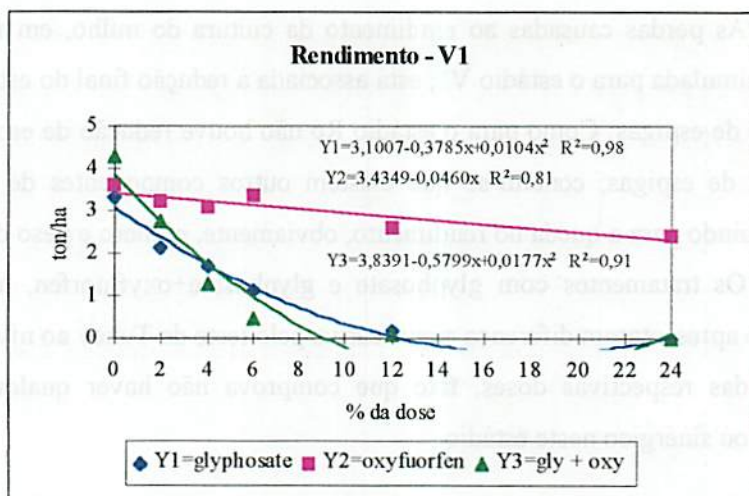


FIGURA 14. Equações de regressão entre doses dos herbicidas e as respectivas respostas de rendimento da cultivar BR 3123, para tratamentos no estágio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

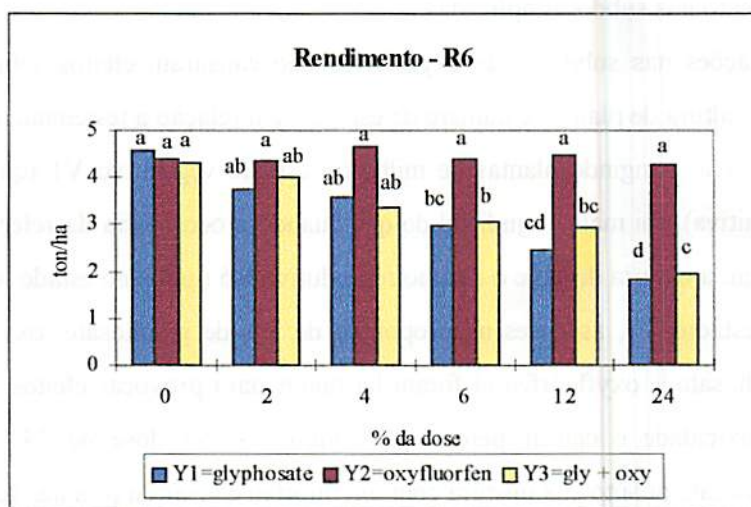
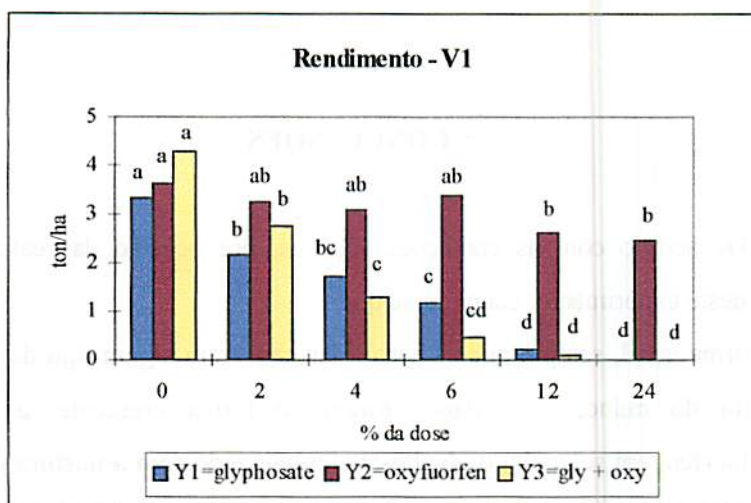


FIGURA 15. Histograma representando as respostas de rendimento da cultivar BR 3123, aos herbicidas e suas respectivas doses, para tratamentos efetuados no estádio V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

5 CONCLUSÕES

De acordo com as condições vigentes, por ocasião da realização dos ensaios deste experimento, concluiu-se que:

1. De forma geral, sempre que os herbicidas causaram algum tipo de prejuízo à cultura do milho, estes danos foram de forma crescente, a partir do oxyfluorfen; em segundo, o glyphosate, culminando com a mistura glyphosate + oxyfluorfen. Ainda, o efeito crescente de dano também foi correlacionado ao aumento nas subdoses aplicadas.
2. Variações nas subdoses de oxyfluorfen não causaram efeitos sobre estande final, altura de plantas e número de espigas, em relação à testemunha.
3. A deriva, atingindo plantas de milho no estágio vegetativo V1 (quarta folha definitiva), foi mais prejudicial do que quando a ocorrência da referida deriva atingiu a cultura durante o estágio reprodutivo R6 (grãos no estado leitoso).
4. No estágio V1, as doses na proporção de 2% de glyphosate, oxyfluorfen e glyphosate + oxyfluorfen já foram bastantes para provocar efeitos visuais de fitotoxicidade e causar perdas no rendimento. Na dose de 24%, tanto o glyphosate quanto sua mistura com oxyfluorfen causaram prejuízo total para o estande final, altura das plantas, número de espigas e rendimento.
5. A deriva simulada com oxyfluorfen no estágio R6 não causou prejuízos para o rendimento, ao passo que glyphosate e a mistura glyphosate + oxyfluorfen apresentaram efeitos semelhantes, com perdas no rendimento de grãos em até 44,8%.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO NETO, M. J., Uma atividade estratégica. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.12, n.141, p.1, set. 1986.
- ALI, A.; FLETCHER, R. A. Phytotoxic action of glyphosate and amitrole on corn seedlings. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v.56, n.18, p.2196-2202, Sept. 1978.
- AL-KHATIB, K.; MINKY, G. I.; REISENAUER, G.; PARKER, R.; WESTBERG, HALVOR; 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. 1993.
- AL-KHATIB, K.; PARKER, R.; FUERST, E. P. Alfafa (*Medicago sativa*) response to simulated herbicide spray drift. *Weed Technology*, Champaign, v.6, n.4, p.956-960, Oct./Dec. 1992a.
- 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. 1992b.
- AL-KHATIB, K.; PARKER, R.; FUERST, E. P. Sweet cherry (*Prunus avium*) response to simulated drift from selected herbicides. *Weed Technology*, Champaign, v.6, n.4, p.975-979, Oct./Dec. 1992c.
- 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. 1993.
- ALMEIDA, C. A. Aplicação aérea de herbicidas em reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1988. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1988. p.ir.
- ANDREI, E. *Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola*. São Paulo: Organização Andrei, 1985. 448p.

- BAILEY, J. A.; KAPUSTA, G.** Soybean (*Glycine max*) tolerance to simulated drift of nicossulfuron and primisulfuron. *Weed Technology*, Champaign, v.7, n.3, p.740-745, July/Sept. 1993.
- BASTIANI, M. L. R.** Atividade dos herbicidas nicossulfuron e atrazine, em condições de casa de vegetação e de campo. Viçosa: UFV, 1997. 59p. (Dissertação-Mestrado em Fitotecnia).
- 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.
- CAMPOS, B. C.** A Cultura do milho no plantio direto. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1998. 189p.
- CARVALHO, W. P. A.** Estudo comparativo entre métodos de amostragem de gotas para determinação de faixa de deposição nas aplicações de produtos líquidos. Botucatu: UNESP, 1995. 64p. (Dissertação-Mestrado em Energia na Agricultura).
- CHERNICKY, J. P.; SLIFE, F. W.** Effects of sublethal concentrations of bentazon, fluazifop, haloxyfop, and sethoxydin on corn (*Zea mays*). *Weed Science*, Champaign, v.34, n.2, p.171-174, Mar. 1986.
- DELLA LÚCIA, M. A.** Histórico da política da cultura do eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.12, n.141, p.3-4, set. 1986.
- DETROUX, L.** Los herbicidas y su empleo. Barcelona, Oikos-tau, 1967. 476p.
- DEVLIN, R. M.; WHITAM, F. M.** *Plant Physiology*. 4 ed. Belmont: Wadsworth, 1983. p. 222-242.
- DUKE, S. O.; LYDON, J.; BECERRIL, J. M.; SHERMAN, T. D.; LEHNEN JR, L. P.; MATSUMOTO, HIROSHI.** Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. *Weed science*, Champaign, v.39, n.3, p.465-473, July/Sept. 1991.

- DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1988, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1988. p. ir.
- EBERLEIN, C. V.; GUTTIERI, M. J. Potato (*Potato tuberosum*) response to simulate drift of imidazoline herbicides. *Weed Science*, Champaign, v.42, n.1, p.70-75, Jan./Mar. 1994.
- 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.8-21.
- GUIMARÃES, G. L. Comportamento do herbicida Goal no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1988, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1988. p. ir.
- HEMPHILL Jr., D. D.; MONTGOMERY, M. L. Response of vegetable crops to sublethal application of 2,4-D. *Weed Science*, Champaign, v.29, n.6, p.632-635, Nov. 1981.
- HENDERSON, C. W. L.; WEBBER, M. J. Phytotoxicity of several pre-emergente 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*) reponse to simulated drift from selected herbicides. *Weed science*, Champaign, v.30, n.3, p.311-315, Mar. 1982.
- JEFFREY, L. S.; ENGLISH, J. R. The effects of fall application of glyphosate on com (*Zea mays*), soybeans (*Glycine max*), and johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Science*, Champaign, v.29, n.2, p.190-196, Mar. 1981.
- LUNKES, J. A. Efeito de subdoses de glyphosate e oxyfluorfen simulando deriva sobre a cultura do feijoeiro. Lavras: UFLA, 1996. 138p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia).

- MAGALHÃES, P. C.; DURÕES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27p. (EMBRAPA-CNPMS. Documento, 20).**
- MARCONDES, D. A. S.; CHEHATA, A. N.; FORNAROLLI, D. A.,. **Combate às ervas daninhas. A Granja, Porto Alegre, v.4, n.423, p.40-130. Abr. 1983.**
- MASCARENHAS, M. H. T., **Competição de plantas daninhas com as culturas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.8, n.87, p.26-32, mar. 1982.**
- MCGEE, D. C. **Maize diseases. St. Paul: APS Press, 1988. p.97-98.**
- PEREIRA, W; CRABTREE, G. **Absorption, translocation, and toxicity of glyphosate and oxyfluorfen in yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). Weed Science, Champaign, v.34, n.6, p.923-929, Nov. 1986.**
- RIBEIRO, G. T. **Uso de herbicida pré-emergente em Eucaliptus sp na região do cerrado. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1988, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1988. p. ir.**
- RICHARD JR., E. P. ; HURST, H. R.; WAUCHOPE, R. D. **Effects of simulated MSMA drift on rice (*Oriza sativa*) growth and yield. Weed Science, Champaign, v.29, n.3, p.303-308, Mar . 1981.**
- RODRIGUES, B. N. e ALMEIDA, F. S. DE (in memorian) **Guia de herbicidas: contribuição para uso adequado em plantio direto. 4.ed. Londrina: IAPAR, 1998. 648p.**
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology. 4.ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.**
- SCALLA, R.; MATRINGE, M. **Reviews of weed science. Inhibitors of protoporphyrinogen oxidase as herbicides: diphenyl ethers and related photobleaching molecules. Champaign: Stephen O. Duke, 1994. 337 p.**
- 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.**

- SCHRODER, E. P. Avaliação de deriva e deposição de pulverizações aeroagrícolas na região sul do Rio Grande do Sul. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. 68p. (Dissertação - Mestrado fitossanidade).**
- SILVA, J. B. DA. Equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.8, n.87, p.44-54, mar. 1982.**
- SOUZA, I. F., Importância e uso de herbicidas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.8, n.87, p.3-4, mar. 1982.**
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant Physiology. 1.ed., Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 565p.**
- 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. de O.; 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).**
- VICKERY, M. L.; VICKERY B.; Secondary Plant Metabolism. Baltimore: University Park Press, 1981. p.335.**
- VON HETWIG, K (Coord.). Manual de herbicidas, desfolhantes, dessecantes e fitorreguladores. São Paulo: Ceres, 1977. 480p.**
- 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. 1994a.**
- 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. 1994b.**
- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Herbicide handbook. 7.ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 301p.**

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.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A	Resumo da ANAVA dos dados relativos ao diâmetro do colmo, nos estádios V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas 1996/1997 78
TABELA 2A	Resumo da análise da ANAVA dos dados relativos ao peso massaseca da parte aérea e da raiz, no estádio V1. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas MG, 1996/1997.....79
TABELA 3A	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao diâmetro do colmo (07/03/97, em V1 e R6), peso da matéria seca da raiz e parte aérea (02/01/97 em V1). Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG,1996/1997.....80

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao diâmetro do colmo, nos estádios V1 e R6. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 1996/1997.

Diâmetro do colmo - 10/03/97 - V1									
Herb	Dose de herbicida						Equação de regressão		R ²
	0	2	4	6	12	24			
gly	16,72 A a	15,17 A a	14,55 A ab	13,55 AB ab	9,82 B b	0,00 B c	y = 17,1651 - 0,6909 x	**	0,99
oxy	16,50 A a	17,05 A a	15,75 A a	17,02 A a	15,92 A a	15,65 A a	y = ns		
g+o	17,25 A a	16,30 A a	14,00 A a	12,52 Ba	5,07 C b	0,00 A c	y = 16,9104 - 0,7565 x	**	0,96

Diâmetro do colmo - 07/03/97 - R6									
Herb	Dose de herbicida						Equação de regressão		R ²
	0	2	4	6	12	24			
gly	16,95 A a	16,77 A a	16,67 A a	16,25 A a	15,67 A a	16,42 A a	y=ns		
oxy	16,65 A a	16,30 A a	17,12 A a	17,12 A a	16,97 A a	15,85 A a	y=ns		
g+o	17,07 A a	16,42 A a	16,35 A a	16,60 A a	16,85 A a	15,77 A a	y=ns		

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao peso massa seca da parte aérea e da raiz, no estádio V1. Embrapa Milho e Sorgo, SeteLagoas-MG, 1996/1997.

Peso matéria seca da parte aérea - 02/01/97 - V 1									
	Dose de herbicida						Equação de regressão		R ²
Herb	0	2	4	6	12	24			
gly	606,99 Aa	527,13 Aab	425,41 Aabc	243,92 Ababc	117,61 Bbc	0,00 Bc	y = 518,9042 - 24,8410 x	**	0,85
oxy	724,33 Aa	588,81 Aa	564,30 Aa	590,99 Aa	485,13 Aa	512,14 Aa	y = ns		
g+o	555,89 Aa	403,11 Aab	279,22 Aab	160,52 Bab	0,00 Bb	0,00 Bb	y = 540,6079 - 71,6210 x + 2,0527 x ²	*	0,99

Peso matéria seca da raiz - 02/01/97 - V 1									
	Dose de herbicida						Equação de regressão		R ²
Herb	0	2	4	6	12	24			
gly	77,10 A a	70,00 AB a	67,38 A a	33,03 B ab	9,56 B b	0,00 B b	y = 83,7163 - 8,3884 x + 0,2029 x ²	**	0,94
oxy	102,66 A a	106,95 A a	77,57 A a	85,96 A a	76,38 A a	68,86 A a	y = 97,3747 - 1,3723 x	*	0,63
g+o	88,88 A a	61,93 B ab	38,37 A bc	27,30 B bc	0,00 B c	0,00 B c	y = 84,3576 - 11,3084 x + 0,3262 x ²	**	0,99

- Valores médios seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 3A. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao diâmetro do colmo (07/03/97, em V1 e R6), peso da matéria seca da raiz e parte aérea (02/01/97 em V1). Embrapa Milho e Sorgo, SeteLagoas-MG, 1996/1997.

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		Diâmetro - V1 (mm)	Diâmetro - R6 (mm)	PMSR - V1 g	PMSPA - V1 g
Bloco	3	30,12014 **	2,45681	2463,89279 **	63967,53267
Herbicida	2	209,18042 **	0,28389 ns	17895,74518 **	770120,88295 **
Dose	5	234,43825 **	1,08347 ns	8634,42927 **	379170,72013 **
Herbicida x Dose	10	53,06442 **	0,82022 ns	829,92853 ns	38229,37425 ns
Resíduo	51	5,48926	0,64043	528,11392	46093,81322
Média Geral		12,93750	16,54861	55,10847	376,97236
C.V. (%)		18,10949	4,83587	41,70090	56,95237

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

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

Diâmetro do colmo

PMRSR - Peso matéria seca da raiz.

PMSPA - Peso matéria seca da parte aérea.