

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA AGRONÔMICA
DO HERBICIDA MESOTRIONE NA
CULTURA DO MILHO**

DANILO AUGUSTO SILVA FURTADO

2004

DANILO AUGUSTO SILVA FURTADO

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA AGRONÔMICA DO HERBICIDA
MESOTRIONE NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Itamar Ferreira de Souza

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

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

Furtado, Danilo Augusto Silva

Seletividade e eficácia agrônômica do herbicida mesotrione na cultura do milho / Danilo Augusto Silva Furtado. – Lavras : UFLA, 2004.

68 p. : il.

Orientador: Itamar Ferreira de Souza.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Planta Daninha. 3. Herbicidas. 4. Mesotrione. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.15954

DANILO AUGUSTO SILVA FURTADO

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA AGRONÔMICA DO HERBICIDA
MESOTRIONE NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 13 de Agosto de 2004

Pesquisador Décio Karam - EMBRAPA

Pesquisador Elifas Nunes de Alcântara - EPAMIG

Prof. Gabriel José de Carvalho – DAG/UFLA

Prof. Itamar Ferreira de Souza
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A DEUS PAI TODO PODEROSO.

AOS MEUS QUERIDOS PAIS WILTON E LÊDA,

IRMÃOS COMPANHEIROS KADU, LUIS FERNANDO (in memoriam),

WILTINHO E ANA FLÁVIA,

INSEPARÁVEIS AVÓS, TIOS, PRIMOS E FAMILIARES

DEDICO

À MINHA AMADA ESPOSA PALOMA,

NORTE DE MINHA VIDA

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar este curso de pós-graduação.

Ao CNPq, pela concessão de bolsas de estudo em minha vida acadêmica.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA - pelo remanejamento de minha lotação para conclusão do curso.

Agradeço ao professor Itamar Ferreira de Souza, pela orientação, confiança, amizade e respeito dispensados ao longo dos cursos de graduação e pós-graduação.

Agradeço ao pesquisador Décio Karam, pela orientação nos experimentos e ensinamentos transmitidos.

Aos amigos Carlos Henrique, Cícero, João Batista e José Marcos, pela união demonstrada durante o curso.

Aos inesquecíveis colegas do Setor de Plantas Daninhas Adenilson, Adriano, Cleverson, Emílio, Luís Peñaherrera, Luís Wagner, Neimar, Nildo, Núbia e Oscar, pelos momentos de aprendizado, trabalho e companheirismo.

À equipe de plantas daninhas do CNPMS (Embrapa, Sete Lagoas/MG) Geraldinho, Ismael, Mauro, Michelle e Waldemar, pela inestimável colaboração durante a condução dos experimentos.

Aos colegas do Escritório Regional IBAMA, Lavras/MG: Adeniz, Adriano, Aline, Angelina, Cláudio, Gilvânia, Ivan, Jésus, Keila, Marcelo, Odin, Paulo Sérgio, Regina, Rejane e Rose, pelo apoio e compreensão demonstrados nos difíceis momentos de redação final da dissertação.

Aos colegas da Flona Saracá-Taquera e Rebio do Rio Trombetas/PA, pelo incentivo de compatibilizar o trabalho com o curso de mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Cultura do milho	3
2.1.1 Fenologia do Milho	4
2.2 Manejo de plantas daninhas	6
2.2.1 Interferência de plantas daninhas nas culturas agrícolas	7
2.2.2 Controle químico de plantas daninhas na cultura do milho	10
2.2.3 Herbicidas pós-emergentes utilizados na cultura do milho	12
2.2.3.1 Atrazine	13
2.2.3.2 Nicosulfuron	15
2.2.3.3 S-metolachlor	15
2.2.3.4 Foramsulfuron e iodosulfuron-methyl-sodium	16
2.2.3.5 Mesotrione	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Experimento de campo	20
3.1.1 Localização e caracterização da área experimental	20
3.1.2 Delineamento experimental e tratamentos	21
3.1.3 Cultura do milho	23
3.2 Experimento em casa de vegetação	26
3.2.1 Localização e caracterização da área experimental	26
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Experimento de campo	28
4.1.1 Distribuição das plantas daninhas	28
4.1.2 Eficácia agronômica dos herbicidas	32
4.1.2.1 Controle de <i>Digitaria horizontalis</i>	32
4.1.2.2 Controle de <i>Ipomoea grandifolia</i>	34
4.1.2.3 Controle de <i>Richardia brasiliensis</i>	37
4.1.2.4 Matéria seca de plantas daninhas	39
4.1.3 Seletividade dos herbicidas e produtividade do milho	41
4.2 Experimento em casa de vegetação	47

5 CONCLUSÕES.....	50
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	60

RESUMO

FURTADO, Danilo Augusto Silva. **Seletividade e eficácia agrônômica do herbicida mesotrione na cultura do milho**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O desenvolvimento de novos herbicidas pode ajudar na busca por moléculas que causem menor impacto ao meio ambiente e reduzam a disseminação de biótipos resistentes, tendo eficácia agrônômica e seletividade semelhante aos já existentes. Com o objetivo de se avaliar os efeitos da aplicação de mesotrione no controle de plantas daninhas e no desenvolvimento da cultura do milho, comparativamente a outros herbicidas já registrados no país, foram conduzidos, no ano agrícola de 2002/2003 e no ano de 2004, experimentos de campo e casa de vegetação em Sete Lagoas, MG. No experimento de campo, foram utilizados oito tratamentos herbicidas e uma testemunha capinada. Os tratamentos herbicidas consistiram em: mesotrione (120 g ha⁻¹), mesotrione (144 g ha⁻¹), atrazine + óleo vegetal (1200 + 900 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (1295 + 1015 g ha⁻¹), atrazine + nicosulfuron (1000 + 24 g ha⁻¹), atrazine + foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (1000 + 22,5 + 1,5 g ha⁻¹), nicosulfuron (50 g ha⁻¹) e foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (45 + 3 g ha⁻¹). Os herbicidas foram aplicados em pós emergência precoce das plantas daninhas, quando o milho, híbrido BRS 2020, encontrava-se no estágio V4 de desenvolvimento. A eficácia destes herbicidas foi avaliada em três espécies de plantas daninhas aos 13, 19 e 25 dias após aplicação: *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia* e *Richardia brasiliensis*. O herbicida mesotrione nas dosagens de 120 e 144 g ha⁻¹ foi o menos eficaz com médias de controle variando entre 42 e 76%. De forma geral, atrazine + nicosulfuron foi o mais eficaz para o controle destas espécies (80 a 94%). Não foram constatados sintomas visuais de fitotoxicidade no milho por nenhum dos herbicidas usados. Realizou-se, em casa de vegetação, bioensaio com dois híbridos de milho (BRS 1031 e BRS 3123) e cinco dosagens de mesotrione: 0, 36, 72, 144 (recomendada) e 288 g ha⁻¹. Não foram constatados sintomas visuais de fitotoxicidade. Entretanto, mesotrione influenciou negativamente na produção de matéria seca de parte aérea para os dois híbridos testados. À medida em que a dose foi aumentada houve decréscimo na matéria seca (20%) até 144 g ha⁻¹, ponto em que o índice de matéria seca se estabilizou até 288 g ha⁻¹.

¹ Comitê Orientador: Itamar Ferreira de Souza – UFLA (Orientador) e Décio Karam – EMBRAPA.

ABSTRACT

FURTADO, Danilo Augusto Silva. **Mesotrione selectivity and efficacy for weed control in corn (*Zea mays*)**. 2004. 68 p. Dissertation (Master in Crop Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

Development of herbicide molecules may be a tool for searching of new active ingredients with less environment impact and reduced resistant biotypes dissemination, keeping or even increasing efficacy of already existing compounds. This study had the objective of evaluating the effects of mesotrione application on weed control and corn (*Zea mays*) development comparatively to other herbicides. Eight herbicide treatments were used under field conditions and one handweeded plot. The herbicides used were: mesotrione (120 g ha⁻¹), mesotrione (144 g ha⁻¹), atrazine + vegetable oil (1200 + 900 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (1295 + 1015 g ha⁻¹), atrazine + nicosulfuron (1000 + 24 g ha⁻¹), atrazine + foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (1000 + 22,5 + 1,5 g ha⁻¹), nicosulfuron (50 g ha⁻¹) and foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (45 + 3 g ha⁻¹). Herbicides were applied at earlier stages of weed development when corn plants were at V4 development stage. The efficacy of these herbicides was evaluated on three weed species grown on the experimental area: *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia* and *Richardia brasiliensis*. Mesotrione at 120 and 144 g ha⁻¹ showed the lowest control among the herbicides, ranging from 42 to 76% control. Atrazine + nicosulfuron showed the highest control (80 to 94%). No visual symptoms of phytotoxicity was observed on corn plants. A greenhouse bioassay was conducted using two corn hybrids (BRS 1031 and BRS 3123) and five mesotrione rates: 0, 36, 72, 144 (recommended) and 288 g ha⁻¹. As in field conditions, no visual symptoms of phytotoxicity was detected, although mesotrione decreased hybrids above ground dry matter. As mesotrione rates increased to 144 g ha⁻¹, a decrease on dry matter (20%) was noticed. At rates higher than 144 g ha⁻¹, dry matter was stabilized up to 288 g ha⁻¹.

¹ Guidance Committee: Itamar Ferreira de Souza – UFLA (Adviser) and Décio Karam – EMBRAPA.

1 INTRODUÇÃO

O manejo adequado de plantas daninhas constitui-se em fundamental prática na busca pela otimização da produção agrícola, tanto para os grandes como para os pequenos agricultores. O que difere o manejo de infestantes para estes dois tipos de produtores é o método de controle utilizado por ambos. Enquanto os pequenos agricultores têm no método físico de cultivo e capina manual sua principal forma de controle, os produtores altamente tecnificados utilizam-se principalmente do controle químico, por meio de herbicidas, para se evitar a matocompetição com a cultura agrícola.

Além de existirem moléculas altamente eficazes, os herbicidas oferecem a possibilidade de controle em larga escala de maneira prática, rápida e econômica. O que sem dúvida alguma é extremamente necessário, tendo em vista que significativo contingente da produção agrícola brasileira de grãos advém do cultivo em extensas áreas.

Apesar de se encontrar em segundo lugar na produção nacional de grãos, após ter ocupado por diversos anos o primeiro posto, a cultura do milho continua a se apresentar com destacada importância, também em nível mundial, por se constituir no principal componente de rações para a suinocultura e avicultura de corte.

A cultura do milho, a exemplo de outras graníferas, também tem parte considerável de sua produção nacional baseada em grandes áreas de lavoura que dependem da utilização de herbicidas para sua viabilidade técnica e econômica.

Atualmente, décadas após a Revolução Verde, seguindo-se a filosofia de desenvolvimento ambientalmente sustentável, o emprego do método de controle químico vem sendo bastante questionado pela opinião pública, devido a seus efeitos negativos no meio ambiente, resultantes do emprego inadequado desta

técnica. Entretanto, a pesquisa ainda não conseguiu viabilizar um meio de controle de plantas daninhas que possa auxiliar em seu manejo, abrindo-se mão completamente da utilização de herbicidas em cultivos em extensas áreas, tendo em vista que a agricultura orgânica é praticada em cultivos de menor porte.

Resta então aos pesquisadores estudar formas de se reduzir esses efeitos negativos. Uma delas seria a diminuição da dose, ou até mesmo do uso, de herbicidas com conseqüente integração do controle químico das ervas daninhas a outros meios. A outra alternativa para redução dos efeitos negativos consiste em desenvolver novos herbicidas que tenham eficácia agronômica, seletividade no controle e que causem menor impacto ambiental, sempre considerando o homem como componente do meio.

Diante disto, as empresas agroquímicas buscam constantemente novos herbicidas, envidando-se grandes esforços para se encontrar moléculas ativas com maior eficácia agronômica e menor periculosidade ambiental. Atualmente os processos de análise e síntese química são extremamente sofisticados, assim como estudos de bioquímica, o que vem permitindo avanços científicos significativos.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar a eficácia agronômica do herbicida mesotrione, molécula recentemente registrada no Brasil, no controle de plantas daninhas e sua seletividade à cultura do milho, comparativamente a outros herbicidas já existentes no mercado nacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do milho

O milho é considerado uma das mais importantes plantas cultivadas comercialmente com origem no continente americano, provavelmente na América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos. Sua importância econômica é baseada principalmente na destinação à alimentação animal, notadamente suinocultura e avicultura de corte (60 a 80% do milho produzido no Brasil), tendo ainda significativa relevância social, visto se tratar da principal fonte de energia para boa parte da população do Nordeste brasileiro na região do semi-árido (Duarte, 2004).

Nos últimos dez anos, a área cultivada com milho no Brasil praticamente se manteve estável com pequena redução da ordem de 11,0%, chegando a aproximadamente 12.700.000 ha (27% da área total ocupada com lavouras agrícolas), sendo menor apenas do que a área de soja. A produtividade obteve um acréscimo de praticamente 40% chegando a 3,4 t ha⁻¹, fazendo com que a produção, apesar do pequeno decréscimo na área semeada, aumentasse em 14%, atingindo o patamar de 42 milhões de toneladas de grãos (Companhia Nacional de Abastecimento, 2004).

Estes dados demonstram todo o potencial agrícola do país, principalmente para a produção de milho, que só veio a ter sua produção ultrapassada pela de soja no ano agrícola de 1997/1998, devido aos altos preços internacionais alcançados pelos grãos desta leguminosa (Companhia Nacional de Abastecimento, 2004).

Apesar disso, a média de produtividade de milho no país ainda é considerada baixa. Isso ocorre devido ao grande número de pequenos produtores

que cultivam este cereal não terem alta tecnologia à sua disposição, ao passo que os grandes produtores apresentam elevadas médias de produtividade, situando-se entre 6,0 e 8,0 t ha⁻¹ (Duarte, 2004; Mattoso & Melo Filho, 2004).

2.1.1 Fenologia do Milho

O milho é uma planta de ciclo vegetativo anual, com período de duração bastante variado, evidenciando desde cultivares extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aquelas cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, em condições brasileiras, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização das cultivares (super-precoces, precoces e tardios) quanto ao período compreendido entre a semeadura e a colheita do grão (Fancelli & Dourado Neto, 1996).

De forma geral, o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento, conforme Fancelli & Dourado Neto (1996):

- 1. germinação e emergência:** período compreendido desde a semeadura até o efetivo aparecimento da plântula;
- 2. crescimento vegetativo:** período compreendido entre a emissão da segunda folha e o início do florescimento;
- 3. florescimento:** período compreendido entre o início da polinização e o início da frutificação;
- 4. frutificação:** período que se estende da fecundação até o enchimento completo dos grãos;
- 5. maturidade:** período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da camada negra.

O desenvolvimento da planta de milho se divide em estádios vegetativos (V) e reprodutivos (R), os quais são mostrados no Quadro 1. Esta divisão permite o estabelecimento de relações entre elementos ligados à fisiologia da planta, ao clima, aos aspectos fitossanitários, ao desempenho da cultura e aos aspectos fitotécnicos, entre os quais o controle químico de plantas daninhas (Ritchie et al., 2003).

QUADRO 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE – emergência	R1 – florescimento
V1 – primeira folha	R2 – grãos leitosos
V2 – segunda folha	R3 – grãos pastosos
V3 – terceira folha	R4 – grãos farináceos
V4 – quarta folha	R5 – grãos farináceos duro
V9 – nona folha	R6 – maturidade fisiológica
V12 – décima segunda folha	
V15 – décima quinta folha	
V18 – décima oitava folha	
VT – pendoamento	

Ritchie et al. (2003).

As subdivisões dos estádios V são designadas numericamente como V1, V2, V3, até V(n), no qual (n) representa o último estágio foliar antes de VT para o híbrido específico considerado. O primeiro e o último estágio de V são designados como VE (emergência) e VT (pendoamento). O (n) varia de acordo com o híbrido e as diferenças ambientais. As seis subdivisões dos estádios

reprodutivos são designadas numericamente. Cada estágio foliar é definido de acordo com a folha de inserção mais alta cuja aurícula seja visível (Ritchie et al., 2003).

A identificação do estágio vegetativo em que se encontra a cultura do milho é imprescindível para a correta aplicação de herbicidas, tendo em vista que sua seletividade pode ocorrer em um período específico de desenvolvimento da cultura. A seletividade dos herbicidas às culturas sempre é considerada uma seletividade relativa que pode estar ligada a fatores inerentes à planta, ao herbicida e ao ambiente (Souza, 2002).

2.2 Manejo de plantas daninhas

Pode-se definir planta daninha tomando-se como referência a variável ecológica, biológica ou agronômica (Souza, 2002). Independentemente disto, os pesquisadores da área agronômica tendem a definir planta daninha com base em uma visão antropocêntrica, ou seja, assumindo que o homem é o centro da questão e que é danoso tudo o que, à princípio, prejudica seu desenvolvimento econômico (Anderson, 1977).

De acordo com esta definição antropocêntrica, tem-se que planta daninha é qualquer planta que, de forma isolada ou agrupada, cause algum dano ou inconveniência no local em que ocorre, principalmente em locais relacionados com atividades agropecuárias (Blanco, 1972; Shaw, 1982; Deuber, 1992).

Atualmente tem-se buscado a implementação do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) em contraposição a concepção simplista de controle, face às diversas vantagens observadas neste método: maior efetividade, redução de custos e de evitar a ocorrência de biótipos resistentes a herbicidas. Com isso, ao invés de apenas efetuar o controle de invasoras, o homem poderia manipular

a relação infestante-cultura de forma a propiciar vantagens para que esta última se desenvolvesse (Souza, 2002).

O MIPD pode ser definido como a aplicação de diferentes alternativas de manejo, as quais incluem o controle cultural, mecânico, físico, biológico e químico (Swanton & Weise, 1991). Apesar de o controle químico ser entendido como última alternativa na filosofia do MIPD, ainda hoje a ciência não conseguiu viabilizar a produção de alimentos em larga escala sem que este método fosse utilizado. Busca-se, então, a redução de doses de herbicidas e o desenvolvimento de novas moléculas com características que possibilitem maior eficácia com menor agressividade ao meio ambiente.

Desta forma, os conceitos que permeiam o MIPD não sugerem a eliminação do uso de herbicidas, mas que haja uma otimização em seu uso pela correta escolha de quando aplicar e, antes disso, se sua aplicação é economicamente viável (Sikkema et al., 1999).

Diante disto, os principais objetivos do MIPD podem ser resumidos na prevenção de perdas de produtividade, prevenção de aumento de infestação nas lavouras subsequentes, operação de colheita facilitada e busca constante por uma atividade agrícola com maior grau de segurança ambiental (Karam & Melhorança, 2004).

2.2.1 Interferência de plantas daninhas nas culturas agrícolas

As plantas daninhas competem com as culturas agrícolas, principalmente, por água, luz e nutrientes (Swanton & Weise, 1991; Kapusta et al., 1994), além de dióxido de carbono e espaço físico (Merotto Júnior et al., 1997).

Pitelli (1985) cita o termo competição como o recrutamento conjunto, por duas ou mais plantas, de recursos essenciais ao seu crescimento e desenvolvimento, que são limitados no ecossistema comum. Estes recursos são água, luz, nutrientes minerais e espaço físico.

Entretanto, deve-se atentar para o fato de que os efeitos detrimenais das plantas daninhas sobre as culturas não se dão única e exclusivamente por conta da competição, mas também por diversos outros fatores diretos e indiretos associados a estas espécies como alelopatia, colheita dificultada, hospedagem de insetos e vetores de doenças. Do total destes fatores aliados a competição é que se dá a interferência (Karam & Melhorança, 2004).

A cultura do milho é considerada como de boa capacidade competitiva, além de ser enquadrada entre o grupo de culturas que mais sombreiam o solo e ser eficiente na absorção e acúmulo de nutrientes em seus tecidos, o que poderia denotar certa facilidade na disputa contra plantas invasoras por fatores essenciais ao crescimento. Entretanto as plantas de milho sofrem com a intensa interferência das infestantes, que causam sérios prejuízos ao desenvolvimento, produtividade e operacionalização da colheita (Rossi et al., 1996; Karam & Melhorança, 2004).

O grau de interferência de plantas daninhas na produção das culturas está relacionado a fatores ligados à cultura, à comunidade infestante, ao ambiente e ao período de convivência, sendo este último considerado como o mais importante modificador do grau de competição (Pitelli, 1985). Dependendo dos fatores relacionados, as perdas culturais ocasionadas pela interferência das plantas daninhas com a cultura do milho podem atingir 85% no sistema de plantio convencional e até 100% no sistema de plantio direto (Silva & Pires, 1990).

Duarte (2000) também considera que o mais importante fator de alteração do grau de interferência imposto pelas plantas daninhas sobre as plantas cultivadas é o período em que estas disputam os recursos do meio. Este período, usualmente referido como período crítico de competição, foi esquematizado em três fases por Pitelli & Durigan (1984): Período que Antecede a Interferência (PAI), Período Total de Prevenção de Interferência (PTPI) e Período Crítico de Prevenção de Interferência (PCPI).

PAI corresponde ao período de tempo, contado a partir da sementeira, em que as plantas daninhas podem conviver com a cultura sem que haja redução de produtividade.

PTPI refere-se ao intervalo de tempo compreendido entre a sementeira da cultura e o momento em que a infestação por plantas invasoras não mais afetam a produtividade.

Tem-se, então, o PCPI que se configura como o período compreendido entre o término do PAI e o final do PTPI, em que efetivamente a cultura agrícola deve ser mantida livre da concorrência com infestantes para que possa expressar todo o seu potencial produtivo.

Desta forma, pode-se notar que em dado momento o PAI e o PTPI ocorrem concomitantemente, denotando certo conservadorismo na concepção deste último, pois o controle de plantas daninhas estaria sendo realizado em época não necessária (PAI).

Valores encontrados na literatura indicam que o PCPI da cultura do milho situa-se entre 15 a 20 dias após a sementeira (DAS) até 40 a 45 DAS, perfazendo então um período de 20 a 30 dias em que esta cultura deve ser mantida livre de competição com plantas daninhas (Blanco et al., 1976 e Repennings et al., 1976, citados por Pitelli, 1985; Halford et al., 2001).

O grau de interferência de plantas daninhas no desenvolvimento da cultura do milho ocorre de forma variável em função do período de infestação, densidade da população e espécies daninhas presentes. À exceção deste último fator, os demais podem ser manejados no sentido de se reduzir as perdas de produção a um patamar mínimo, visto que uma alta infestação no início do desenvolvimento das plantas de milho pode proporcionar perdas acentuadas de produção. Este tipo de situação ocorre com certa frequência no sistema convencional de plantio em que a gradagem realizada alguns dias antes da semeadura possibilita que as plantas daninhas figurem em estádios de desenvolvimento mais avançados quando da emergência da cultura. Diante disto se configura uma vantagem competitiva das invasoras (Zagonel et al., 2000). Verifica-se, então, grande necessidade de controle de plantas daninhas na cultura do milho em função de seu lento crescimento inicial e utilização de largos espaçamentos entre linhas de cultivo (Tollenaar et al., 1994).

2.2.2 Controle químico de plantas daninhas na cultura do milho

O controle químico de plantas daninhas por meio de herbicidas iniciou-se com 2,4-D em 1941, evoluindo para a situação atual em que diversas moléculas de diferentes grupos químicos encontram-se disponíveis no mercado mundial. Algumas características do controle químico o consagraram entre os produtores rurais, destacando-se a ação rápida e eficaz no controle de ampla gama de espécies daninhas e a seletividade às plantas cultivadas, possibilitando controle na linha da cultura sem causar danos ao sistema radicular e a alta operacionalidade em grandes áreas (Victória Filho, 2003).

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 prática fitotécnica em que o uso de mão de obra em larga escala tornou-se inviável, constitui-se no controle de plantas daninhas (Marcondes et al., 1983).

Tem-se o exemplo da cultura do milho em que o consumo de herbicidas aumentou em 68% no período de 1984 a 1990, mostrando que a tecnificação do produtor deste cereal teve alta correlação com o manejo de plantas daninhas. Esta foi a cultura em que se verificou o maior acréscimo na utilização de herbicidas no Brasil, neste período, enquanto a soja apresentou decréscimo de 18% (Andef, 1991, citada por Goellner, 2004).

As operações de controle químico não dispensam, mas fazem parte do manejo integrado de plantas daninhas. Portanto, os métodos tradicionais de controle tais como o mecânico, físico, cultural, biológico e alelopático não podem ser esquecidos, mas utilizados com a maior frequência e racionalidade possível (Mascarenhas, 1982).

O desenvolvimento de novas moléculas herbicidas assim como o estudo de sua eficiência agrônômica apresentam-se de vital importância, tendo em vista a frequência com que biótipos de infestantes resistentes a herbicidas vêm surgindo e causando prejuízos na agricultura (Araújo et al., 1999). Além do prejuízo causado à agricultura ocorrem também danos ao meio ambiente, pelo fato de que maiores doses de químicos vêm sendo demandadas para o controle destes biótipos resistentes (Vidal, 1997)

Atualmente são relacionados 300 princípios ativos herbicidas em nível mundial, estando 200 disponíveis para uso (Caseley, 1996, citado por Victória Filho, 2003). No Brasil tem-se 83 ingredientes ativos de herbicidas registrados. Destes, 20 são para a cultura do milho, o que mostra a pequena disponibilidade de herbicidas para este cereal no país (Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola, 2004).

2.2.3 Herbicidas de pós-emergência utilizados na cultura do milho

Herbicidas de pós-emergência indicados para a cultura do milho apresentam-se como boa alternativa de controle quando comparados aos demais herbicidas de pré-emergência, pois possibilitam maior adequação das doses a serem utilizadas, visto que as plantas daninhas a serem combatidas já emergiram do solo. Com isso há menor chance de superestimação de dosagens, resultando em redução de custos e menor agressividade ao meio ambiente.

Diversos estudos vêm sendo realizados para se avaliar a eficácia de herbicidas aplicados em pós emergência no milho, tendo em vista as limitações de uso de outras modalidades de aplicação. Apesar dos herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado terem sido largamente utilizados por décadas, sua utilização pelos produtores diminuiu consideravelmente devido a operação de incorporação destes produtos ao solo requerer tempo e ser onerosa. Herbicidas aplicados em pré-emergência dependem de umidade para proporcionar bons níveis de controle e os herbicidas de pré-plantio utilizados no sistema de plantio direto têm seu efeito prejudicado sob condições de alta pluviosidade (Krausz & Kapusta, 1998).

Trabalhando com diferentes populações de milho e herbicidas aplicados em pré e pós-emergência da cultura, Merotto Júnior et al. (1997) constataram maior efetividade na diminuição da matéria seca de plantas daninhas pela aplicação de herbicidas em pós-emergência. Os autores atribuíram a baixa eficiência das aplicações em pré-emergência à baixa umidade do solo, fator limitante desta modalidade de aplicação.

Estes fatores são responsáveis pela significativa ampliação na utilização de herbicidas de pós-emergência nas principais regiões produtoras de milho no Brasil que utilizam alto grau de tecnificação. Além disso, o elevado nível de seletividade apresentado por estas moléculas e sua ampla faixa de controle de

espécies infestantes mono e dicotiledôneas lhes qualificam para tal (Fahl & Carelli, 1997; Silva et al., 1998).

Entretanto, herbicidas considerados seletivos podem causar injúrias em função de fatores como época de aplicação, dosagem e forma de aplicação (Magalhães et al., 2000).

Ao estudar a fitotoxicidade de herbicidas considerados não totalmente seletivos como cyanazine e simazine em milho, Magalhães et al. (2000) concluíram que sua aplicação em pós-emergência na fase inicial da cultura (4 e 6 folhas) proporcionou bom controle de plantas daninhas, porém com alguma fitotoxicidade sobre a cultura. Verificou-se então o potencial de uso de herbicidas em pós-emergência do milho para controle de plantas daninhas durante o PCPI, possibilitando que a planta expressasse seu potencial produtivo de forma plena.

2.2.3.1 Atrazine

Atrazine pertence ao grupo químico das triazinas, cuja denominação é 2-cloro-4(etileno)-6-(isopropilamino)-s-triazina. Sua solubilidade em água a 22 °C é 33 ppm a pH 7. Apresenta densidade de 0,363 g.cm⁻³ e pressão de vapor de 2,9 x 10⁻⁷ mmHg a 25°C (Rodrigues & Almeida, 1998; Weed Science Society of America, 1994).

O produto é formulado em solução aquosa concentrada, possuindo diversas marcas comerciais registradas no país para culturas anuais e perenes. É aplicado em pré ou pós-emergência inicial para o controle de plantas daninhas latifoliadas e algumas gramíneas, conforme a cultura e/ou marca comercial (Rodrigues & Almeida, 1998).

No ano agrícola de 1996/1997, atrazine foi o herbicida mais utilizado por produtores norte-americanos de milho para o controle de folhas largas (USDA, 1997, citada por Johnson, 2000).

Na planta, atrazine tem absorção essencialmente radicular e moderadamente foliar. Sua translocação é acrópeta, pelo xilema, acumulando-se nos cloroplastos dos meristemas apicais e das folhas (Rodrigues & Almeida, 1998).

Com relação ao mecanismo de ação, atrazine inibe o fluxo de elétrons no fotossistema II, fazendo com que apareçam formas ativas de oxigênio e clorofila que atuam de maneira prejudicial sobre os lipídios das membranas celulares. Além dessa reação, atrazine bloqueia alguns processos enzimáticos. A seletividade fisiológica das espécies tolerantes, como o milho, é dada por possuírem compostos com capacidade de metabolizarem o produto. Existe também a seletividade por posicionamento em que as raízes das plantas adultas se encontram fora da zona em que o produto é colocado (Rodrigues & Almeida, 1998; Souza, 2002).

Atrazine é toxicologicamente enquadrada na classe IV (pouco tóxico) e classe II (muito perigoso ao meio ambiente) quanto à periculosidade ambiental (Syngenta, 2004). Parte desta classificação da atrazine ser considerada muito perigosa ao meio ambiente deve-se às suas características físico-químicas de alta solubilidade que podem levar a contaminação de águas superficiais e de subsolo (Anônimo, 1996, mencionado por Krausz & Kapusta, 1998).

Tais características de atrazine fizeram com que a Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos restringisse seu uso pelos agricultores. Uma forma de atenuar este problema seria a aplicação em pós-emergência que possibilitaria menor contato do herbicida com o solo e utilização de menores dosagens (Olson et al., 1998).

2.2.3.2 Nicosulfuron

Nicosulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias, é denominado como 2-(4,6-dimetoxipirimidina-2-il-carbamoilsulfamoil)-n,n-dimetilnicotinamida. Sua solubilidade em água a 25°C e pH 6,85 é 12200 ppm. Apresenta densidade de 0,958 g cm⁻³ e pressão de vapor, praticamente nula, de 1,2 x 10⁻¹⁶ mm Hg a 25°C (Rodrigues & Almeida, 1998).

Este ingrediente ativo, formulado em suspensão concentrada, é registrado no Brasil para a cultura do milho e possui apenas uma marca comercial. Sua utilização é recomendada para pós-emergência da cultura e das plantas daninhas de folhas estreitas e largas (Rodrigues & Almeida, 1998). Nicosulfuron foi o principal graminicida de pós-emergência utilizado pelos produtores de milho dos Estados Unidos na safra agrícola de 1997/1998 (USDA, 1997, citada por Johnson et al., 2000).

A absorção de nicosulfuron ocorre tanto pelas folhas quanto pelas raízes, sendo rapidamente translocado aos meristemas apicais. Apresenta mecanismo de ação de inibição de síntese da acetolactato sintase (ALS), enzima chave no processo de biossíntese dos aminoácidos de cadeia alifática isoleucina, leucina e valina. Sua seletividade ao milho deve-se à capacidade deste metabolizá-lo em compostos não ativos (Rodrigues & Almeida, 1998; Souza, 2002).

Este herbicida é classificado como classe toxicológica IV (pouco tóxico) e quanto à periculosidade ambiental é considerado classe III (produto perigoso ao meio ambiente).

2.2.3.3 S-metolachlor

S-metolachlor, do grupo químico das acetanilidas, é denominado como S-2 - cloro - N - (2-etil-6-metifenil) - N - (2-metoxi-1-metileti) acetamida. Sua

solubilidade em água a 20 °C é 488 ppm, apresenta densidade de 1,117 g.cm⁻³ e pressão de vapor de 1,3 x 10⁻⁵ mm Hg a 20°C (Rodrigues & Almeida, 1998; Weed Science Society of America, 1994).

O produto é formulado em solução aquosa concentrada, possuindo diversas marcas comerciais registradas. Em milho são comuns as misturas de s-metolachlor com herbicidas latifolicidas em pós-emergência precoce (Rodrigues & Almeida, 1998), como atrazine, tendo inclusive marcas comerciais para esta mistura. Esta molécula é registrada para as culturas de cana-de-açúcar, feijão, milho e soja, principalmente para o controle de gramíneas, apesar de ter efeito em algumas espécies de folhas largas.

Na planta, metolachlor tem absorção principalmente pelo coleóptilo das plântulas quando estas atravessam a camada de solo onde se encontra o produto. Sua absorção radicular e foliar é inexpressiva. Possui translocação predominantemente pelo xilema e com pouca intensidade pelo floema (Rodrigues & Almeida, 1998).

Metolachlor atua nas regiões meristemáticas, principalmente na gema terminal do coleóptilo, onde provoca o rompimento das membranas celulares e inibe a divisão celular, paralisando assim, o crescimento das raízes e plântulas (Rodrigues & Almeida, 1998).

Possui classificação toxicológica I (extremamente tóxico) e quanto à periculosidade ambiental é classificado como II (muito perigoso ao meio ambiente) (Syngenta, 2004).

2.2.3.4 Foramsulfuron e iodosulfuron-methyl-sodium

O foramsulfuron e iodosulfuron-methyl-sodium pertencem ao grupo químico das sulfoniluréias e são denominados como N,N-dimetil-2-[3-(4,6-

dimetoxipirimidin-2-il)ureidosulfonil]-4-formilaminobenzamida(foramsulfuron); Sal sódio de metil 4-iodo-2-[3-(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)ureidosulfonil) benzoato (iodosulfuron-methyl-sodium). É uma mistura formulada de herbicidas seletivos com formulação granulada dispersível (Bayer, 2004).

Registrado no Brasil, foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium é um herbicida seletivo sistêmico de pós-emergência utilizado no controle das plantas daninhas mono e dicotiledôneas na cultura do milho, possuindo mecanismo de ação semelhante ao nicosulfuron. Sua classificação toxicológica é III (medianamente tóxico) assim como sua periculosidade ambiental (perigoso ao meio ambiente) (Bayer, 2004; Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2004).

2.2.3.5 Mesotrione

Embora a estratégia de descobrir moléculas naturais não ter se desenvolvido tão bem para os herbicidas como para outros agroquímicos e farmacêuticos, alguns casos de sucesso têm ocorrido. Entre estes estão os herbicidas do grupo químico das tricetonas ao qual pertence o mesotrione (Duke et al., 2000).

Desta forma, mesotrione teve sua descoberta através do estudo da alelopatia, termo criado por Molisch em 1937, que, de acordo com Olofsdotter et al. (1999), seria a habilidade de uma planta liberar compostos químicos que afetam o desenvolvimento e/ou crescimento de outras plantas. Estas substâncias químicas são denominadas aleloquímicos e encontram-se presentes nas sementes, raízes, caules e folhas das plantas em quantidades variáveis (Peixoto, 1999), sendo sintetizados em rotas do metabolismo secundário que se diferencia do primário, por influenciar interações ecológicas entre as plantas e seu

ambiente, não participando da nutrição e processos metabólicos essenciais da planta (Souza, 2002).

Em 1977, durante pesquisa com a espécie alelopática *Callistemon citrinus*, cientistas da empresa Syngenta isolaram um aleloquímico secretado pela planta. Esta substância química foi denominada leptospermone e sintetizada em laboratório assim como vários outros compostos análogos, desenvolvendo-se assim o herbicida mesotrione (Syngenta, 2001).

O herbicida mesotrione pertence ao grupo químico dos triketones e sua denominação é 2-(4-mesy-2-nitrobenzoyl)-3hydroxycyclohexane-2-enone (Syngenta, 2001). É um herbicida seletivo, de aplicação foliar e no solo para controle de infestantes anuais gramíneas e dicotiledôneas, notadamente estas últimas, em milho (Johnson et al., 2002).

Mesotrione é um herbicida sistêmico absorvido facilmente pelas folhas, brotos ou raízes, translocado tanto pelo xilema quanto pelo floema. Com relação ao modo de ação, este bloqueia a atividade de p -hidroxifenil-piruvato dioxigenase (HPPD), enzima de função essencial para a planta. A inibição competitiva de HPPD se dá com a forte ligação no sítio ativo da enzima, o que impede a continuação do processo de crescimento. Ao ocorrer o bloqueio da HPPD, a produção de plastoquinona e α -tocoferol é interrompida. Sem a produção destas substâncias, o carotenóide envolvido ao processo da fotossíntese, não é mais produzido, ocorrendo destruição dos cloroplastos e membranas da célula, resultando na morte da planta (Syngenta, 2001).

Este herbicida, de acordo com O'Sullivan et al. (2002), apresenta características toxicológicas e ambientais que favorecem sua utilização. Seus riscos a mamíferos, pássaros e espécies aquáticas são mínimos. Existe a expectativa, por parte de cientistas, de que exista pequena probabilidade de

desenvolvimento de biótipo resistentes a esta molécula, por atuar em um sítio ainda inexplorado por outros herbicidas.

O princípio ativo mesotrione foi recentemente registrado no Brasil com a marca comercial Callisto, sendo toxicologicamente classificado como classe III (medianamente tóxico) e quanto a periculosidade ambiental como classe III (perigoso ao meio ambiente) (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi constituído por dois experimentos, sendo um conduzido em condições de campo e outro em condições de casa de vegetação.

O experimento de campo comparou a eficácia e seletividade de mesotrione com outros herbicidas já recomendados e registrados para controle de plantas daninhas em milho.

O trabalho realizado em condições de casa de vegetação teve como objetivo avaliar com maior precisão o potencial fitotóxico do herbicida mesotrione sobre dois híbridos de milho.

3.1 Experimento de campo

3.1.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento de campo foi conduzido no período de 20 de dezembro de 2002 a 30 de julho de 2003, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado no km 65 da Rodovia MG 424, município de Sete Lagoas, MG.

As coordenadas geográficas da Embrapa Milho e Sorgo são latitude 19° 28' S e longitude 44° 15' 08", tendo sua estação meteorológica localizada a uma altitude de 732 metros acima do nível do mar. O clima da região é do tipo AW (clima de savana com inverno seco), de acordo com a classificação de Köppen. O solo desta Estação Experimental (local do experimento) é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com textura média-argilosa (EMBRAPA, 2004b).

Os dados climáticos referentes à temperaturas mínima e máxima (médias), precipitação e disponibilidade de água no solo, coletados durante o período de condução do experimento, encontram-se nas Figuras 1C e 2C (EMBRAPA, 2004a).

3.1.2 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições em esquema fatorial 3x9, sendo três épocas de avaliação, oito aplicações de herbicidas e uma testemunha mantida livre de plantas daninhas por capina manual durante todo o período de condução do experimento. Os tratamentos herbicidas foram constituídos por aplicações isoladas e em misturas de tanque nas doses recomendadas, conforme Tabela 1.

TABELA 1. Tratamentos utilizados no experimento de campo com herbicidas (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2002/2003).

Trat.	Produto				Dose	
	Nome comercial	Nome técnico	Formulação	Conc. (g L ⁻¹)	Comercial (L ha ⁻¹)	ia (g ha ⁻¹)
1	Callisto	mesotrione	SC ³	480	0,25	120
2	Callisto	mesotrione	SC	480	0,30	144
3	Primólio	atrazine + óleo vegetal	SC	400 + 300	3,00	1200 + 900
4	Primestra gold	atrazine + s-metolachlor	SC	370 + 290	3,50	1295 + 1015
5	Sanson	nicosulfuron	SC	40	1,25	50
6 ¹	Equip plus	foramsulfuron + iodosulfuron	GD ⁴	300 + 20 ⁵	150 ⁶	45 + 3
7	Gesaprim + Sanson ²	atrazine + nicosulfuron	SC + SC	500 + 40	2,00 + 0,60	1000 + 24
8 ¹	Gesaprim + Equip plus ²	atrazine + foramsulfuron + iodosulfuron	SC + GD	500 + (300 + 20) ⁵	2,00 + 75 ⁶	1000 + 22,5 + 1,5
9	Testemunha capinada	-	-	-	-	-

¹ Adição de espalhante adesivo não iônico (Hoefix) na dose de 1L ha⁻¹.

² Mistura de tanque.

³ Suspensão concentrada.

⁴ Grânulos dispersíveis.

⁵ g kg⁻¹.

⁶ g ha⁻¹.

3.1.3 Cultura do milho

Antecedendo a semeadura do milho, cultivar BRS 2020, procedeu-se às operações de aração e gradagem na área experimental. O milho foi semeado no dia 20 de dezembro de 2002.

A recomendação da adubação de plantio e cobertura baseou-se na análise de solo realizada após coleta em profundidade de 0 a 20 cm, tomando-se como referência a indicação técnica de Alves et al. (1999).

As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 7,0 m, espaçadas de 0,8 m e densidade de 5 plantas por metro linear, perfazendo uma população de 62500 plantas ha⁻¹. A área útil de cada unidade experimental constituiu-se de duas linhas centrais com 5,0 metros lineares (excluindo-se 1,0 m em cada extremidade da linha), totalizando 8,0 m².

A cultivar utilizada (BRS 2020) é de ciclo precoce, tem porte baixo e apresenta grãos do tipo semi-duro, de coloração alaranjada, sendo recomendada para as regiões Sudeste, Centro-oeste, norte do Paraná, e os estados da Bahia, Piauí, Maranhão e Tocantins. A época de plantio recomendada para esta cultivar é a safra de verão (EMBRAPA, 2004b). As demais características agrônômicas da cultivar BRS 2020 encontram-se no Quadro 1A.

Durante a condução do experimento aplicou-se 0,3 L ha⁻¹ do inseticida lufenuron (marca comercial Match) para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) aos 33 dias após semeadura.

Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência precoce das plantas daninhas, no momento em que as plantas de milho apresentavam-se em estágio de desenvolvimento V4.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada por um pulverizador costal de precisão, à pressão constante de CO₂ (45 PSI), munido de uma barra de 2,0 m de

comprimento, com quatro bicos de jato plano uniforme, 100 03, filtro com malha 50, espaçados de 0,5 m entre si, apresentando vazão de 223 L ha⁻¹.

As condições ambientais verificadas por ocasião da aplicação dos herbicidas são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2. Dados referentes aos fatores ambientais registrados por ocasião da aplicação dos herbicidas no experimento de campo (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2002/2003).

Fatores Ambientais	
Temperatura do ar	32°C
Umidade relativa do ar	82%
Velocidade do vento	0 km h ⁻¹
Pressão atmosférica	929 mm Hg
Precipitação na semana anterior	154 mm
Horário do início da aplicação	13h 30min
Horário do término da aplicação	14h 30min

Avaliações visuais de controle de plantas daninhas foram realizadas aos 13, 19 e 25 dias após aplicação dos herbicidas (DAA), atribuindo-se notas em porcentagem, tendo como referência a infestação verificada nas adjacências do experimento em que não houve controle químico. As notas variaram entre 0 (infestação semelhante às adjacências) e 100 (ausência total de infestantes na parcela). Também aos 13, 19 e 25 DAA foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade nas plantas de milho, tendo como padrão as parcelas da testemunha capinada. As notas foram atribuídas em porcentagem, variando entre 0 (nenhuma injúria) e 100 (morte da planta).

Aos 50 DAA e ao fim do ciclo do milho (202 DAA), procedeu-se à contagem de plantas daninhas por espécie em área amostrada aleatoriamente dentro dos limites das parcelas úteis com a utilização de um quadro com 0,25 m². Este quadro foi utilizado por duas vezes em cada parcela, amostrando-se assim 0,5 m² por unidade experimental.

Aos 50 DAA, coletou-se a parte aérea das plantas daninhas em área amostrada aleatoriamente dentro dos limites das parcelas úteis da mesma forma que na contagem. Posteriormente, o material foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 62°C até estabilização do peso para aferição da matéria seca. O peso da matéria seca foi dividido pelo número de plantas daninhas, em cada unidade experimental, para obtenção do índice de matéria seca (matéria seca por planta daninha).

A colheita do milho foi efetuada de forma manual, aos 222 dias após semeadura, através da coleta de espigas contidas na área útil das parcelas. Após a debulha ser realizada em um equipamento elétrico, os grãos foram pesados, determinando-se o teor de umidade presente nestes, corrigindo-se para 12% conforme expressão mencionada por Duarte (2000) para obtenção do rendimento de grãos:

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

onde:

P = Peso corrigido

Pc = Peso de campo

Uo = Umidade de campo

Ui = Umidade de correção (12%)

Utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2000), aplicou-se o teste de normalidade aos dados obtidos. As variáveis que apresentaram distribuição normal dos dados foram submetidas a análise de variância. As observações que apresentaram efeito significativo tiveram suas médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000) para a aplicação do teste de médias. Aplicou-se o teste de Qui-quadrado (distribuição de frequência), através do programa SAS, para a variável número de plantas daninhas aos 50 e 202 DAA.

3.2 Experimento em casa de vegetação

3.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento conduzido em condições de casa de vegetação teve seu início no dia 31 de maio de 2004 e término em 29 de junho do mesmo ano, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado no km 65 da Rodovia MG 424, município de Sete Lagoas, MG.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial (2x5), sendo dois híbridos de milho BRS 1030 e BRS 3123 e cinco doses de mesotrione: sem herbicida (0 g ha^{-1}), um quarto da dose recomendada (36 g ha^{-1}), metade da dose recomendada (72 g ha^{-1}), dose recomendada (144 g ha^{-1}) e duas vezes a dose recomendada (288 g ha^{-1}).

A semeadura das cultivares de milho ocorreu no dia 31 de maio de 2004 em vasos contendo terra. Após a emergência, fez-se o desbaste deixando três plântulas de milho por vaso. Desta forma, cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo três plantas de milho. A aplicação das dosagens de mesotrione ocorreu no dia 08 de junho de 2004, ou seja, oito dias após a semeadura, quando as plantas de milho encontravam-se no estágio de desenvolvimento V4, utilizando-se um pulverizador costal, à pressão constante de dióxido de carbono (45 PSI), munido de uma barra de 2,0 m de comprimento, com quatro bicos de jato plano uniforme, 110 03, filtro com malha 50, espaçados de 0,5 m entre si, apresentando vazão de 200 L ha⁻¹.

Aos 7 e 14 dias após a aplicação do herbicida (DAA), foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade nas plantas de milho, atribuindo-se notas em porcentagem onde 0 foi adotado para ausência de injúria e 100 para morte total das plantas.

Aos 29 dias após semeadura, foi coletada a parte aérea das plantas de milho em cada parcela. Este material foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 62°C até estabilização do peso para obtenção da matéria seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos aplicou-se regressão estatística utilizando-se o programa Sisvar (Ferreira, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento de campo

4.1.1 Distribuição das plantas daninhas

A distribuição de frequência para infestação de plantas daninhas (número de indivíduos m⁻²) em função dos tratamentos foi altamente significativa ($P < 0,01$) aos 50 DAA e por ocasião da colheita, quando aplicado o teste de Qui-quadrado, indicando diferenças significativas qualitativas e quantitativas de infestação na área experimental.

O nome vulgar e a família das espécies referentes aos códigos utilizados nas Tabelas 3 e 4 encontram-se em anexo no Quadro 2A.

Observa-se pela Tabela 3, que *Cyperus rotundus*, *Digitaria horizontalis*, e *Richardia brasiliensis* foram as espécies mais frequentes, em geral, compondo mais de 60% da infestação total aos 50 DAA. A espécie *Cyperus rotundus* foi predominante na maioria dos tratamentos com média de 32,7%, à exceção dos tratamentos 5, 7 e 8 em que *Richardia Brasiliensis* se sobressaiu com média de infestação de 26%. Entretanto, as duas espécies figuraram entre as de maior ocorrência no experimento, aos 50 DAA, com médias de 27,6 % para *Cyperus rotundus* e 21% para *Richardia brasiliensis*.

A maior ocorrência desta ciperácea deve-se provavelmente à infestação inicial e ao fato dos herbicidas utilizados não serem eficientes para seu controle, o que é confirmado pelo fato de não serem registrados para tal (Rodrigues & Almeida, 1998). *Cyperus rotundus* é considerada a planta daninha mais disseminada e nociva do mundo, por possuir grande capacidade competitiva, além de poder exercer efeito alelopático sobre as culturas (Lorenzi, 2000).

A elevada infestação relativa de *Richardia brasiliensis* deu-se possivelmente por sua alta densidade de ocorrência natural na área experimental, o que não implica em baixo nível de controle desta espécie pelos produtos utilizados, visto que a maioria deles têm esta latifoliada registrada para seu controle (Rodrigues & Almeida, 1998).

TABELA 3. Distribuição de frequência para infestação de plantas daninhas, aos 50 DAA, em função dos tratamentos (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).

Espécies	Tratamentos															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
BIDPI	2	1,7	2	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRADC	9	7,8	-	-	11	18,6	4	6,6	4	3,7	2	1,5	5	7,6	9	7,3
CCHEC	-	-	8	6,6	-	-	-	-	5	4,6	8	6,1	-	-	-	-
COMBE	3	2,6	11	9,0	-	-	2	3,3	2	1,8	6	4,6	4	6,1	2	1,6
CYPRO	36	31,0	29	23,8	16	27,1	18	29,5	13	11,9	55	41,7	13	19,7	26	21,0
DIGHO	7	6,0	16	13,1	8	13,6	11	18,0	16	14,7	10	7,6	10	15,2	21	16,9
EPHHL	3	2,6	6	4,9	2	3,4	2	3,3	-	-	2	1,5	-	-	2	1,6
IAOGR	4	3,5	2	1,6	2	3,4	4	6,6	2	1,8	3	2,3	4	6,1	4	3,2
MEMPE	18	15,5	2	1,6	2	3,4	-	-	34	31,2	5	3,8	2	3,0	-	-
NICPH	4	3,5	4	3,3	-	-	-	-	2	1,8	-	-	4	6,1	-	-
PANMA	8	6,9	7	5,7	7	11,9	8	13,1	8	7,3	6	4,6	7	10,6	11	8,9
RCHBR	13	11,2	13	10,7	11	18,6	10	16,4	19	17,4	30	22,7	15	22,7	47	37,9
SIDRH	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1,8	3	2,3	-	-	-	-
SONOL	-	-	2	1,6	-	-	2	3,3	2	1,8	2	1,5	2	3,0	2	1,6
SORHA	9	7,8	20	16,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	116	100	122	100	59	100	61	100	109	100	132	100	66	100	124	100

Teste de Qui-quadrado ($P < 0,0001$); N = Número de ocorrências da planta daninha em 1,0 m².

Bidens pilosa (BIDPI), Brachiaria decumbens (BRADC), Cenchrus echinatus (CCHEC), Commelina benghalensis (COMBE), Cyperus rotundus (CYPRO), Digitaria horizontalis (DIGHO), Euphorbia heterophylla (EPHHL), Ipomoea grandifolia (IAOGR), Melampodium perfoliatum (MEMPE), Nicandra physaloides (NICPH), Panicum maximum (PANMA), Richardia brasiliensis (RCHBR), Sida rhombifolia (SIDRH), Sonchus oleraceus (SONOL) e Sorghum halepense (SORHA).

As espécies monocotiledôneas (poáceas, ciperáceas e comelináceas) representaram a maior parte da infestação com 62,2%, o que é justificado pelo

fato dos herbicidas mesotrione e atrazine, presentes em 6 dos 8 tratamentos herbicidas, terem maior eficácia em plantas latifoliadas ao passo que os demais têm características de ação total (mono e dicotiledôneas). Semelhante predominância de espécies de folhas estreitas foi observado a época da colheita (Tabela 4), quando 60,7 % das plantas daninhas pertenciam a esta família.

TABELA 4. Distribuição de frequência para infestação de plantas daninhas, a época da colheita (202 DAA), em função dos tratamentos (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).

Espécies	Tratamentos															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
BIDPI	5	8,9	2	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRADC	8	14,3	3	5,4	11	40,7	2	6,3	13	23,2	10	18,5	11	25,0	7	17,1
CCHEC	-	-	8	14,3	-	-	8	25,0	2	3,6	7	13,0	-	-	-	-
COMBE	4	7,1	2	3,6	2	7,4	3	9,4	5	8,9	2	3,7	4	9,1	4	9,8
CYPRO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIGHO	2	3,6	2	3,6	-	-	8	25,0	4	7,1	3	5,6	8	18,2	10	24,4
EPHHL	2	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IAOGR	2	3,6	2	3,6	-	-	-	-	3	5,4	2	3,7	-	-	3	7,3
MEMPE	10	17,9	23	3,6	-	-	-	-	12	21,4	-	-	-	-	-	-
NICPH	2	3,6	10	17,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PANMA	6	10,7	7	12,5	7	25,9	5	15,6	8	14,3	9	16,7	8	18,2	7	17,1
RCHBR	8	14,3	8	14,3	7	25,9	6	18,8	9	16,1	17	31,5	7	15,9	8	19,5
SIDRH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3,7	-	-	-	-
SONOL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3,7	-	-	-	-
SORHA	7	12,5	10	17,9	-	-	-	-	-	-	-	-	6	13,6	2	4,9
Total	56	100	77	100	27	100	32	100	56	100	54	100	44	100	41	100

Teste de Qui-quadrado ($P < 0,0001$); N = Número de ocorrências da planta daninha em 1,0 m².

Bidens pilosa (BIDPI), *Brachiaria decumbens* (BRADC), *Cenchrus echinatus* (CCHEC), *Commelina benghalensis* (COMBE), *Cyperus rotundus* (CYPRO), *Digitaria horizontalis* (DIGHO), *Euphorbia heterophylla* (EPHHL), *Ipomoea grandifolia* (IAOGR), *Melampodium perfoliatum* (MEMPE), *Nicandra physaloides* (NICPH), *Panicum maximum* (PANMA), *Richardia brasiliensis* (RCHBR), *Sida rhombifolia* (SIDRH), *Sonchus oleraceus* (SONOL) e *Sorghum halepense* (SORHA).

Tanto aos 50 DAA, quanto a época da colheita (Tabelas 3 e 4), pode-se observar uma tendência de menor infestação nas parcelas em que atrazine foi

aplicada isolada e em mistura de tanque com s-metolachlor e nicosulfuron, demonstrando relativa eficácia e flexibilidade de uso de atrazine. Aos 50 DAA, a média de infestação nestes tratamentos foi de 62 plantas m⁻² ao passo que as demais parcelas com os tratamentos apresentaram média de 130 plantas m⁻². Na época da colheita, a média de infestação presente nas parcelas destes tratamentos, em conjunto, foi de 34 plantas m⁻², sendo inferior à média dos demais (54 plantas m⁻²).

A média de infestação geral na época da colheita foi significativamente menor do que aos 50 DAA, chegando a ser a metade desta última (44 e 96 plantas m⁻², respectivamente). O regime pluviométrico de clima tropical pode explicar tal fato pela escassez de chuvas já verificada a partir do mês de abril (Figura 1C).

A distribuição de frequência de infestação de plantas daninhas, por ocasião da colheita (202 DAA), encontra-se na Tabela 4. Pode-se verificar, assim como aos 50 DAA, que *Richardia brasiliensis* foi uma das espécies predominantes com 23,8% da infestação. *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* e *Digitaria horizontalis* foram as demais plantas daninhas predominantes com 16,7, 15,6 e 11,0% da infestação, respectivamente.

Cyperus rotundus, apesar de ter se constituído na espécie de maior abundância ao 50 DAA, não estava mais presente na área experimental na época da colheita. Possivelmente, assim como as demais espécies de seu gênero, esta não se adapta bem ao sombreamento proporcionado pela cultura do milho, configurando-se assim como planta daninha de maior ocorrência na fase inicial do ciclo da cultura (Lorenzi, 2000).

O comportamento verificado desta ciperácea é justamente o oposto constatado para *Richardia brasiliensis* que permaneceu com alta frequência relativa até a época da colheita. Esta rubiácea é considerada uma das principais

infestantes da cultura do milho nas regiões Sul e Centro-Oeste e tem a capacidade de tolerar certo grau de sombreamento, causando, assim como a *Ipomoea grandifolia*, problema na operação de colheita (Lorenzi, 2000).

4.1.2 Eficácia agronômica dos herbicidas

As avaliações visuais de controle de plantas daninhas foram realizadas para as espécies *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia* e *Richardia brasiliensis* por terem apresentado distribuição relativamente homogênea ao longo de toda a área experimental, o que proporciona maior confiabilidade aos resultados apresentados. *Ipomoea grandifolia*, apesar de ter apresentado baixa frequência de infestação aos 50 DAA (3,3% do total), foi escolhida para ser avaliada visualmente por distribuir-se homogeneamente nas parcelas experimentais. Além disso é uma planta daninha causadora de sérios problemas a operação de colheita mecanizada, confere alta umidade aos grãos, é considerada de difícil controle e a mais comum em lavouras de cereais (Lorenzi, 2000).

Foram observados efeitos altamente significativos ($P < 0,01$) dos tratamentos herbicidas sobre o controle visual das três plantas daninhas avaliadas, evidenciando diferença no desempenho dos produtos testados (Tabela 1B).

4.1.2.1 Controle de *Digitaria horizontalis*

Com relação a *Digitaria horizontalis*, efeitos diferenciados ($P < 0,01$) foram observados nos níveis de controle proporcionados pelos herbicidas aos 13, 19 e 25 DAA (Tabela 5). As menores médias foram obtidas por mesotrione a 120 e 144 g ha⁻¹ com 50 e 42%. Apesar do teste de médias aplicado (Scott-Knott

a 5% de significância) ter constatado diferença entre os níveis de controle apresentados pelas doses de mesotrione, pode-se afirmar que na prática ela inexistente, tendo em vista que os dois índices são muito baixos e insatisfatórios. Tal fato deve-se às características do teste de agrupar as médias de tratamento em grupos bem distintos através da minimização da variação dentro de cada grupo, ou seja, diferenças mínimas entre os tratamentos podem ser detectadas (Morais, 2001).

Os herbicidas atrazine e atrazine + s-metolachlor também apresentaram baixos índices de controle (variando entre 33 e 78%, com médias de 63 e 59%). Apesar de estatisticamente superiores aos do mesotrione, os diferentes níveis de controle não têm alta significância biológica. Esse resultado mostra que atrazine e mesotrione realmente são mais indicados para o controle de espécies de folhas largas (Johnson et al., 2002; Rodrigues & Almeida, 1998). A mistura formulada de s-metolachlor com atrazine não proporcionou o esperado resultado de controle de gramíneas, entre as quais *Digitaria horizontalis*, com média de 59%.

Os herbicidas nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium, aplicados isolados e em mistura com atrazine, apresentaram nível de controle razoável sobre esta infestante, com valores entre 70 e 83% ao longo das 3 avaliações até aos 25 DAA, sendo estatisticamente superiores aos demais produtos. Pode-se notar que a adição de atrazine a nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium não resultou em aumento no controle de *Digitaria horizontalis*, quando comparados a estes herbicidas aplicados isoladamente, demonstrando seu baixo efeito sobre esta espécie.

TABELA 5. Valores médios de controle, através de avaliação visual (%), de *Digitaria horizontalis* na cultura do milho submetida a aplicação de diferentes herbicidas (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2002/2003).

Herbicidas	Dias após aplicação			Média
	13	19	25	
1- mesotrione	35 Cb	55 Ca	60 Ba	50 C
2- mesotrione	58 Ba	34 Db	34 Cb	42 D
3- atrazine + óleo vegetal	59 Ba	65 Ba	65 Ba	63 B
4- atrazine + s-metolachlor	33 Cb	68 Ba	78 Aa	59 B
5- nicosulfuron	80 Aa	78 Aa	76 Aa	78 A
6- foramsulfuron + iodosulfuron	80 Aa	76 Aa	75 Aa	77 A
7- atrazine + nicosulfuron	83 Aa	79 Aa	79 Aa	80 A
8- atrazine + foramsulfuron ¹	70 Aa	70 Ba	75 Aa	72 A
Média	62 b	65 a	68 a	
CV (%)²		12,29		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹ foramsulfuron + iodosulfuron

² Coeficiente de variação

4.1.2.2 Controle de *Ipomoea grandifolia*

Assim como para as demais plantas daninhas avaliadas, houve efeito altamente significativo (P<0,01) dos tratamentos sobre *Ipomoea grandifolia*. Pela Tabela 6, pode-se observar que o pior desempenho foi verificado com a aplicação de mesotrione nas doses testadas, que apesar de ter apresentado bom nível de controle aos 13 DAA (75 e 89%), seu efeito residual não foi suficiente para manter esta taxa, apresentando queda significativa a partir dos 19 DAA, obtendo menos de 50% aos 25 DAA. Esta baixa eficácia de mesotrione no combate a *Ipomoea grandifolia* poderia comprometer sua aplicabilidade em lavouras comerciais de milho, visto que a infestação por esta planta daninha por

ocasião da colheita é um fator complicador para sua operação mecanizada (Lorenzi, 2000). Entretanto, em experimento realizado para se avaliar a influência de mesotrione, nas doses de 70, 105 e 140 g ha⁻¹, sobre *Ipomoea hederacea*, Johnson et al. (2002) verificaram controle satisfatório com médias que variaram entre 70 e 89% aos 14 DAA e aos 56 DAA chegou a 70% com 140 g ha⁻¹. A emergência de indivíduos de *Ipomoea grandifolia* por volta dos 13 DAA, no presente trabalho, poderia explicar a baixa eficácia de mesotrione (120 e 144 g ha⁻¹), visto que aos 19 DAA o nível de controle foi significativamente reduzido em relação a primeira avaliação (75-51% e 89-50% para a menor e maior dose, respectivamente). Esta diferença de emergência de *Ipomoea grandifolia* entre os tratamentos teria ocorrido pela diversificação das espécies que compunham o banco de sementes de cada unidade experimental, tendo assim influência direta nos resultados.

Os tratamentos com atrazine + s-metolachlor e nicosulfuron apresentaram controle regular desta convolvulácea com médias gerais de 75 e 76%. O melhores resultados foram obtidos por atrazine + óleo vegetal, nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (isolados e em mistura com atrazine) com índices mínimo de 75 e máximo de 93%. Apesar do teste de médias ter detectado diferença entre estes 4 tratamentos, formando dois grupos (A e B), pode-se considerá-los como de desempenho semelhante visto que as médias gerais de controle tiveram baixa variação (82 a 87%).

A diferença de desempenho constatada entre atrazine + óleo vegetal e sua mistura com s-metolachlor pode ser atribuída a presença de óleo vegetal que teria potencializado seu efeito sobre *Ipomoea grandifolia* pela alteração de seu coeficiente de partição em relação a atrazine sem o adjuvante. Esta alteração, ação característica de óleos vegetais, permitiu maior penetração do herbicida pela camada de lipídios constituinte da cutícula das folhas desta planta daninha, aumentando sua eficácia (Van Valkenburg, 1982).

Tal propriedade de óleos vegetais foi mencionada por Hazen (2000) como produzida pela ação de rompimento ou “amolecimento” das ceras cuticulares. Por este motivo esses adjuvantes são classificados como agentes penetrantes.

TABELA 6. Valores médios de controle, através de avaliação visual (%), de *Ipomoea grandifolia* na cultura do milho submetida a aplicação de diferentes herbicidas (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2002/2003).

Herbicidas	Dias após aplicação			Média
	13	19	25	
1- mesotrione	75 Ba	51 Cb	49 Bb	58 D
2- mesotrione	89 Aa	50 Cb	48 Ba	62 D
3- atrazine + óleo vegetal	85 Aa	88 Aa	88 Aa	87 A
4- atrazine + s-metolachlor	71 Ba	73 Ba	80 Aa	75 C
5- nicosulfuron	65 Bb	80 Ba	83 Aa	76 C
6- foramsulfuron + iodossulfuron	75 Bb	85 Aa	85 Aa	82 B
7- atrazine + nicosulfuron	89 Aa	93 Aa	86 Aa	89 A
8- atrazine + foramsulfuron ¹	83 Aa	84 Aa	84 Aa	83 B
Média	79 a	75 b	75 b	
CV (%)¹	8,83			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹ foramsulfuron + iodossulfuron

² Coeficiente de variação

Taylor-Lovel & Wax (2001) realizaram um experimento de campo com diferentes modos de aplicação de atrazine + s-metolachlor: pré-plantio, pré-plantio incorporado e pré-emergência, avaliando sua eficácia de controle sobre algumas espécies de plantas daninhas, entre elas *Ipomoea hederacea*. O controle máximo observado 30 dias após a emergência do milho, para esta espécie, foi de

50% para modalidade de aplicação em pré-emergência com dose de 1820 +1408 g ha⁻¹ (atrazine + s-metolachlor). Resultado semelhante foi obtido por Nolte & Young (2002), que avaliando a eficácia de herbicidas em milho convencional e resistente, constataram baixo nível de controle (33%) desta espécie daninha por parte da referida formulação herbicida com mesma dosagem aplicada em pré-emergência.

No presente trabalho, utilizando-se de dose 28% mais baixa do que Taylor-Lovel & Wax (2001) e Nolte & Young (2002), o controle de *Ipomoea grandifolia*, infestante de mesmo gênero, chegou a 80%. Desta forma, pode-se verificar maior eficácia deste herbicida quando aplicado em pós-emergência para infestantes deste gênero botânico, razão pela qual há diferenças significativas entre os resultados dos estudos mencionados. Além da maior eficácia agrônômica, menor quantidade de herbicida estaria sendo usada, implicando em maior segurança ambiental da atividade agrícola.

4.1.2.3 Controle de *Richardia brasiliensis*

Verificou-se efeito altamente significativo ($P < 0,01$) dos tratamentos herbicidas na porcentagem visual de controle de *Richardia brasiliensis* e não significativo para época de avaliação e sua interação com os tratamentos (Tabela 1B). Isto indica que os herbicidas demonstraram diferenças em sua eficácia agrônômica apesar de seu comportamento ao longo das avaliações ter se mantido constante.

Pode-se observar, pelos dados da Tabela 7, que não houve diferença estatística entre as médias de controle de cada herbicida nas três épocas de avaliação, à exceção de mesotrione na menor dose que teve pequena queda de controle a partir dos 19 DAA, apresentando 73% aos 25 DAA, de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de significância. Com isso, estes produtos

apresentaram efeito residual até aos 25 DAA, mantendo o controle demonstrado já aos 13 DAA, que em geral foi satisfatório (73-99 com média de 86%).

TABELA 7. Valores médios de controle, através de avaliação visual (%), de *Richardia brasiliensis* na cultura milho submetida à aplicação de diferentes herbicidas (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2002/2003).

Herbicidas	Dias após aplicação			Média
	13	19	25	
1- mesotrione	83 Ba	74 Cb	73 Cb	76 C
2- mesotrione	79 Ba	75 Ca	74 Ca	76 C
3- atrazine + óleo vegetal	95 Aa	96 Aa	99 Aa	96 A
4- atrazine + s-metolachlor	97 Aa	97 Aa	97 Aa	97 A
5- nicosulfuron	81 Ba	83 Ba	83 Ba	82 B
6- foramsulfuron + iodosulfuron	79 Ba	81 Ba	81 Ba	80 B
7- atrazine + nicosulfuron	93 Aa	95 Aa	95 Aa	94 A
8- atrazine + foramsulfuron ¹	85 Ba	85 Ba	85 Ba	85 B
Média	86 a	86 a	86 a	
CV (%)¹	6,28			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹ foramsulfuron + iodosulfuron

² Coeficiente de variação

O herbicida mesotrione, nas duas doses testadas, apresentou os mais baixos níveis de controle, embora considerado razoável (média de 76%).

Os melhores resultados de controle visual de *Richardia brasiliensis* foram obtidos mediante a utilização de atrazine isolada e em mistura com s-metolachlor e nicosulfuron com elevado índice (mínimo de 93%) já aos 13 DAA. Desta forma atrazine comprova mais uma vez sua eficácia, visto que a adição dos herbicidas citados não aumentou seu nível de controle e estes,

aplicados isoladamente, apresentaram médias estatisticamente inferiores com máximo de 83%.

Zagonel et al. (2000), ao avaliarem o efeito de diferentes métodos de controle de *Richardia brasiliensis* na cultura do milho, também constataram a elevada eficácia de atrazine nas doses de 1000, 1400 e 1600 g ha⁻¹ com índices de controle superiores a 95%. No presente trabalho, os índices de controle desta infestante por tratamentos contendo atrazine nas doses de 1000, 1200 e 1295 g ha⁻¹ variaram entre 85 e 99%.

Estes autores, trabalhando com dose de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron, observaram controle entre 50 e 70% de *Richardia brasiliensis*, o que não reflete os resultados obtidos no presente estudo em que nicosulfuron a 50 g ha⁻¹ apresentou bom nível de controle desta espécie com média de 82%. Esta diferença na performance de nicosulfuron deve-se, possivelmente, à elevada infestação verificada no trabalho de Zagonel et al. (2000) com média de 80 plantas m⁻² desta espécie, enquanto no presente estudo a infestação média foi de 20 plantas m⁻².

4.1.2.4 Matéria seca de plantas daninhas

Quanto ao índice de matéria seca de planta daninha presente nas unidades experimentais aos 50 DAA (não somente as três espécies visualmente avaliadas), houve efeito significativo (P<0,01) dos tratamentos herbicidas, conforme Tabela 6B. Pode-se observar, pela Tabela 8, que nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium, aplicados isolados e em mistura de tanque com atrazine, proporcionaram os menores índices de biomassa seca (valores médios entre 0,38 e 0,57 g indivíduo⁻¹), ratificando sua eficácia agrônômica observada no controle de *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia* e *Richardia brasiliensis*.

TABELA 8. Valores médios de índice de matéria seca de plantas daninhas (g indivíduo⁻¹) em função dos herbicidas aplicados (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).

Tratamentos	Índice matéria seca
1- mesotrione	0,88 a
2- mesotrione	0,86 a
3- atrazine + óleo vegetal	1,03 a
4- atrazine + s-metolachlor	0,79 a
5- nicosulfuron	0,57 b
6- foramsulfuron + iodosulfuron	0,38 b
7- atrazine + nicosulfuron	0,54 b
8- atrazine + foramsulfuron ¹	0,45 b
CV (%)²	17,78

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹ foramsulfuron + iodosulfuron

² Coeficiente de variação

Os herbicidas atrazine + óleo vegetal e atrazine + s-metolachlor, apesar de terem apresentado bons níveis de controle das espécies visualmente avaliadas, obtiveram índices de acúmulo de matéria seca estatisticamente semelhantes aos de mesotrione. A densidade média de infestação de plantas daninhas nas parcelas tratadas com estes herbicidas (Tabela 3) pode explicar tais resultados, uma vez que foram as de menor infestação com 59 e 61 plantas daninhas m⁻². Possivelmente, as plantas daninhas presentes nestas parcelas, como houve menor competição intraespecífica, tiveram maiores possibilidades de se desenvolver, resultando em maiores índices de matéria seca por indivíduo.

4.1.3 Seletividade dos herbicidas e produtividade do milho

Quanto aos sintomas visuais de fitotoxicidade, constatou-se que todos os herbicidas utilizados, nas doses testadas, provocaram efeitos fitotóxicos visuais quase imperceptíveis nas plantas de milho aos 13, 19 e 25 DAA (dados não apresentados).

Em estudo da sensibilidade de milho ao mesotrione nas doses de 105 e 140 g ha⁻¹, aplicado nos estádios fenológicos V3 e V5, Johnson et al. (2002) também observaram leves sintomas visuais de fitotoxicidade (máximo de 4%) aos 7 DAA. Aos 28 DAA, os sintomas anteriormente constatados não mais foram visíveis, assim como no presente trabalho aos 25 DAA. Estes autores também avaliaram o efeito de época de aplicação de mesotrione (V3, V4 e V5), com as referidas doses, no desenvolvimento do milho. Os resultados mostraram que quanto mais tardia a aplicação, maiores foram as injúrias visuais (até 15%). Todavia, ao realizarem este estudo em casa de vegetação e não observarem diferenças de fitotoxicidade entre as épocas de aplicação, os autores concluíram que as diferenças obtidas no campo foram majoritariamente causadas pelas condições ambientais.

Estes resultados de ausência de fitotoxicidade se assemelham aos encontrados por Foloni (2002) que, ao avaliar a seletividade de mesotrione, atrazine + óleo vegetal e nicosulfuron nas mesmas doses utilizadas no presente trabalho, não constatou sintomas visuais de fitotoxicidade nas plantas de milho, redução na altura e estande.

Diferentes resultados foram obtidos por O'Sullivan et al. (2002) ao avaliarem a sensibilidade de nove cultivares de milho doce à mesotrione aplicado em pré e pós-emergência. Em pós-emergência (V5), nas doses de 100 e 200 g ha⁻¹, mesotrione causou injúria em todas as cultivares, com sintomas de clorose e perda de pigmentação nas folhas, levando ao esbranquiçamento das

plantas. As médias de fitotoxicidade visual variaram entre 0 e 38% na dosagem de 100 g ha⁻¹ e entre 2 e 57% na maior dose.

No presente trabalho não foram utilizados híbridos de milho doce, o que justifica a significativa diferença de resultados de fitotoxicidade entre os estudos, uma vez que este tipo de milho é mais suscetível à injúria por herbicida devido a seu lento desenvolvimento inicial quando comparado ao “milho de campo” (Morton et al., 1991).

Danos causados por herbicidas às culturas dependem dos ingredientes ativos, da dosagem e do estágio fenológico da cultura no momento da aplicação. Ao avaliar o desempenho da cultura do milho submetida aos herbicidas nicosulfuron, atrazine + óleo vegetal e metolachlor + nicosulfuron na ausência de plantas daninhas, López Ovejero et al. (2002) concluíram que os herbicidas utilizados não afetaram a cultura do milho. Relatam ainda que a duração do estado fenológico da cultura também não foi afetada pelos herbicidas. Porém quando aplicados no estágio fenológico V8, reduziram o rendimento de grãos devido à alteração do número de fileiras por espiga, número de grãos por fileiras e peso de 1000 grãos. Os autores indicam que o manejo de plantas daninhas na cultura deve ser efetuado, com segurança, até 4 folhas, para se evitar danos fitotóxicos pelos herbicidas e competição por água, nutrientes e luz com plantas daninhas. No presente trabalho o estágio de aplicação utilizado foi o mesmo (V4); explicando, portanto, a ausência de sintomas de fitotoxicidade no milho.

Em experimento realizado por Fahl & Carelli (1997), em que se avaliou a eficiência de nicosulfuron aplicado na cultura do milho, os autores não verificaram fitotoxicidade deste herbicida nas doses de 40, 50, 60 e 80 g ha⁻¹. Os autores alegaram que tal seletividade demonstrada pelo nicosulfuron é obtida por sua rápida inativação metabólica pela planta, o que é referendado por Obrigawitch et al. (1990), que estudando os efeitos do referido herbicida no

milho, concluíram que mais de 90% do produto foi metabolizado pela cultura apenas 20 horas após sua aplicação. No presente estudo utilizou-se a dose máxima de 50 g ha⁻¹ de nicosulfuron, corroborando os resultados de ausência de fitotoxicidade de nicosulfuron, encontrados na literatura (Foy & Witt, 1990; Fahl & Carelli, 1997).

Houve efeito significativo ($P < 0,01$) dos tratamentos sobre o rendimento de grãos de milho (Tabela 5B). De acordo com os dados obtidos (Tabela 9), a produtividade máxima do híbrido BRS 2020, mantido sob as condições verificadas neste experimento, seria de 8,1 t ha⁻¹ (testemunha capinada), ou seja, a produtividade apresentada pela cultivar mantida livre da interferência de plantas daninhas.

O herbicida mesotrione, nas doses testadas, apresentou as menores média de produtividade do milho com 5,1 t ha⁻¹ (120 g ha⁻¹) e 5,8 t ha⁻¹ (144 g ha⁻¹). Os demais tratamentos herbicidas obtiveram médias de produtividade estatisticamente semelhantes à testemunha capinada e superiores a mesotrione, com valores de 6,6 a 7,9 t ha⁻¹. Verifica-se, então, que a amplitude da faixa de produtividade com 1,5 t ha⁻¹, apesar de agregar os herbicidas em um só grupo (a), à exceção de mesotrione, é alta. Isto é um indicativo de que possam existir diferenças entre as produtividades proporcionadas por estes herbicidas, apesar de não terem sido estatisticamente detectadas. Diante disto o tratamento que mais se aproxima da testemunha capinada, quanto ao peso de grão, é o de aplicação de atrazine + foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium em mistura de tanque com diferença de aproximadamente 0,3 t ha⁻¹.

TABELA 9. Valores médios de peso de grãos de milho submetido a diferentes aplicações de herbicidas e capina manual no controle de plantas daninhas (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).

Tratamentos	Peso de grãos (kg/ha)
1- mesotrione	5139 B
2- mesotrione	5783 B
3- atrazine + óleo vegetal	6632 A
4- atrazine + s-metolachlor	6867 A
5- nicosulfuron	7060 A
6- foramsulfuron + iodosulfuron	7401 A
7- atrazine + nicosulfuron	7480 A
8- atrazine + foramsulfuron ¹	7886 A
9- Testemunha capinada	8168 A
CV (%) ²	10,43

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹ foramsulfuron + iodosulfuron

² Coeficiente de variação

Para explicar o ocorrido com os tratamentos em que se utilizou mesotrione, deve-se recorrer aos dados de controle das infestantes em que suas médias das três avaliações foram inferiores as dos demais herbicidas. Tal fato expressou-se de maneira mais contundente no controle de *Digitaria horizontalis* e *Ipomoea grandifolia* em que seu desempenho foi muito inferior aos demais, de forma que, aplicando-se a correlação de Pearson destas duas variáveis com o rendimento de grãos, foram obtidos coeficientes de 0,60 e 0,65 (Tabela 10). Isto indica que a baixa eficácia de mesotrione e o desempenho dos demais herbicidas, no controle destas infestantes, explicam 60 a 65% das variações de produtividade expressas pelo híbrido BRS 2020. Os índices de controle obtidos

por mesotrione para estas plantas daninhas foram insatisfatórios com média geral máxima de 62%.

Quanto a correlação entre o controle de *Richardia brasiliensis* e o rendimento de grãos, obteve-se coeficiente de 0,52, explicando então 52% das variações na produtividade. Neste caso, apesar do mesotrione ter obtido médias de controle estatisticamente inferiores aos demais herbicidas, pode-se dizer que foram razoáveis (mínimo de 73%), demonstrando, então, que a infestação por esta planta daninha teve menor influência na produtividade de milho do que a infestação pelas demais plantas avaliadas.

TABELA 10. Correlações de Pearson entre o nível de controle visual de *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia* e *Richardia brasiliensis* e o peso de grãos de milho submetido a diferentes aplicações de herbicidas (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2002/2003).

Controle visual	Peso de grãos	
	Coefficiente de correlação	Prob>R
<i>Digitaria horizontalis</i>	0,60123	0,1149
<i>Ipomoea grandifolia</i>	0,64651	0,0832
<i>Richardia brasiliensis</i>	0,51755	0,1890

A correlação da produtividade do milho e a eficácia dos herbicidas no controle das três plantas daninhas avaliadas não esgota a questão, ou seja, existem outros fatores contribuindo para a baixa produção verificada nas plantas de milho submetidas a aplicação de mesotrione. Com isso, uma outra variável que poderia ter explicado a diminuição de produtividade verificada no campo seria a produção de matéria seca e não apenas o nível de controle de plantas daninhas. Deste modo, não somente a interferência ocasionada pela infestação

de plantas daninhas nas parcelas que receberam aplicação de mesotrione seria responsável por sua menor produtividade, como também a fitotoxicidade deste herbicida provocada na cultivar testada. Este efeito é referido na literatura como fitotoxicidade oculta e poderia explicar estes resultados, apesar de haver restrições no meio científico quanto a utilização deste conceito (Revista Rural, 2004).

Os resultados obtidos por Johnson et al. (2002), para produtividade de milho submetido a aplicação de mesotrione (70, 105 e 140 g ha⁻¹), indicam que não houve influência deste herbicida na produtividade do cereal, apesar de leves sintomas de injúria terem sido constatados aos 14 DAA. A diferença destes resultados para os do presente estudo pode ser atribuída a variações qualitativas e quantitativas de infestação, além das diferentes cultivares utilizadas.

Os demais herbicidas utilizados obtiveram médias de produtividade de milho estatisticamente semelhantes à testemunha capinada, apesar da diferença chegar a 1,5 t ha⁻¹, devido, em parte, a sua eficácia no controle das infestantes. Considerando que o Período Crítico de Prevenção de Interferência de plantas daninhas do híbrido BRS 2020 situa-se entre 20 e 45 dias após a semeadura, de acordo com valores encontrados na literatura (Blanco et al., 1976 e Repennings et al., 1976, mencionados por Pitelli, 1985; Halford et al., 2001), estes herbicidas apresentaram média geral de 81% de controle de infestantes durante este período. Este nível de controle, em época essencial para tal, possibilitou que o híbrido utilizado não tivesse sua produtividade significativamente afetada pela interferência das invasoras que escaparam da ação dos herbicidas ou das que emergiram após a aplicação. Além da eficácia agrônômica destes herbicidas, possivelmente estes apresentaram menor influência (fitotoxicidade) no desenvolvimento do milho do que mesotrione, apesar de visualmente não ter sido constatado tal efeito.

4.2 Experimento em casa de vegetação

O bioensaio de dose-resposta é um experimento concebido para se estimar o potencial de um herbicida pela análise da reação verificada após sua aplicação sobre uma planta, consistindo, então, em uma das técnicas mais utilizadas para análise de sua seletividade. A relação entre a dose do herbicida e a resposta da planta permeia o entendimento tanto de sua seletividade como, conseqüentemente, de sua aplicabilidade (Souza et al., 2000).

Diante disto, os dados obtidos pelo bioensaio realizado em condições de casa de vegetação demonstraram ausência de sintomas visuais de fitotoxicidade por mesotrione aplicado até duas vezes sua dosagem normalmente recomendada (288 g ha^{-1}) até aos 14 DAA (dados não apresentados). A princípio, poderia se concluir que este herbicida apresentou alta seletividade aos híbridos BRS 1030 e BRS 3123. Entretanto, a análise dos dados referentes à matéria seca da parte aérea dos híbridos testados, coletada aos 29 dias após semeadura, indicaram significância ($P < 0,01$) de efeito das doses e também dos híbridos (Tabela 6B).

Não houve efeito significativo da interação entre doses e híbridos no parâmetro testado. Com isso, o comportamento dos híbridos quando se considera matéria seca de parte aérea foi semelhante dentro das doses estudadas. A análise de regressão possibilitou então traduzir este comportamento no gráfico apresentado na Figura 1.

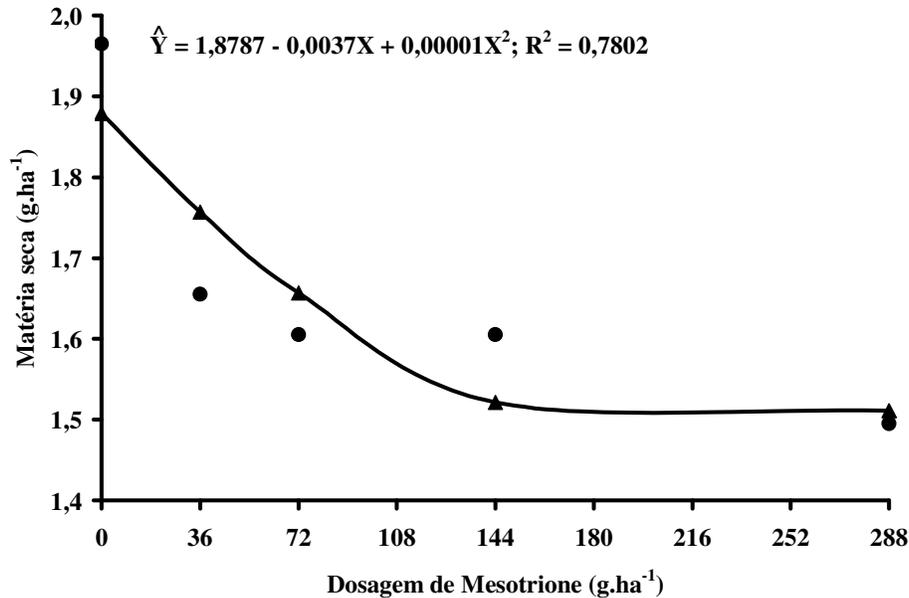


FIGURA 1. Comportamento da matéria seca de parte aérea dos híbrido BRS 1030 e BRS 3123 submetidos a diferentes dosagens de mesotrione.

Pode-se notar a forte tendência de se reduzir a matéria seca de plantas de milho à medida em que se aumentou a dosagem do herbicida até a concentração de 144 g ha⁻¹ (dosagem recomendada) com aproximadamente 20% de redução em relação a testemunha sem aplicação. A partir deste ponto o aumento na dose não mais diminuiu a produção de matéria seca, mostrando tendência de ter se estabilizado até duas vezes a dose recomendada (188 g ha⁻¹). Este comportamento, expresso na Figura 1, obteve coeficiente de determinação (r^2) de 0,78, ou seja, 78% das variações demonstradas pelos híbridos através do índice de matéria seca foram explicadas pela curva quadrática.

O fato de ter havido redução da matéria seca com o aumento da dose de mesotrione não indica que a produtividade necessariamente seria afetada, pois

este é apenas um dos fatores com interferência na produção. Tem-se ainda que esta possível fitotoxicidade não foi detectada visualmente nas plantas de milho de ambos os híbridos.

Não houve diferença no comportamento das cultivares testadas submetidas a aplicação das doses de mesotrione (Tabela 6B), como às vezes é indicado na literatura para o caso de outros herbicidas, como, por exemplo, a tolerância de híbridos de milho às sulfoniluréias (Morton & Harvey, 1992; Doohan et al., 1998; Green, 1998;). Apesar da semelhança de comportamento, o teste F detectou diferença no nível de produção de matéria seca de parte aérea de milho entre as cultivares, independentemente das doses de mesotrione. O híbrido BRS 1023 produziu maior quantidade de matéria seca (média de 2,16 g), do que a cultivar BRS 3123 (média de 1,17 g). Esta significativa diferença (46%) na produção de matéria seca pode ser explicada pelas características intrínsecas às cultivares, visto não ter sido verificada significância ($P > 0,05$) na interação entre doses e híbridos (Tabela 6B).

5 CONCLUSÕES

O herbicida mesotrione em doses até 144 g ha⁻¹ apresenta baixa eficácia agronômica para o controle das espécies *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia* e *Richardia brasiliensis*.

O herbicida atrazine + nicosulfuron (1000 g ha⁻¹ + 24 g ha⁻¹) é o mais eficaz, dentre os testados, para o controle das espécies avaliadas.

A produtividade de milho submetido a aplicação de mesotrione é a menor entre os herbicidas testados.

Os herbicidas avaliados neste trabalho não provocam sintoma visual de fitotoxicidade na cultura do milho.

Mesotrione influi negativamente no acúmulo de matéria seca da parte aérea dos híbridos de milho BRS 1030 e BRS 3123.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mais estudos, em condições de campo e casa de vegetação, acerca da eficácia e seletividade de mesotrione são demandados, devido aos diferentes resultados obtidos entre os diversos trabalhos encontrados na literatura.

Estes estudos devem ser mais detalhados através da análise de um número maior de fatores de produção de milho com o intuito de identificar a possibilidade do mesotrione causar fitotoxicidade visível e oculta neste cereal. Além disso, sua seletividade deve ser testada em diversos híbridos de milho, tendo em vista que variações de sensibilidade podem ocorrer entre estes.

Quanto à sua eficácia agronômica, o efeito de mesotrione deve ser avaliado em um amplo espectro de plantas daninhas com a utilização de diversas doses, incluindo doses superiores às utilizadas neste trabalho, buscando-se também mistura de tanque com gramínicidas para melhor controle de infestantes de folhas estreitas.

Desta forma, a viabilidade de uso deste princípio ativo poderá ser melhor avaliada, fazendo com que o produtor brasileiro de milho tenha maior embasamento para fazer uma opção agronomicamente correta e ambientalmente segura quando da escolha do herbicida, no caso do controle químico de plantas daninhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E. de; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M. de; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, 1999. p. 314-316.

ANDERSON, W. P. **Weed science: principles**. 4. ed. San Francisco: West Publishing, 1977. 598 p.

ARAÚJO, R. T.; IGLESIAS, R. G.; ROLIM, J. C. Avaliação do controle de plantas infestantes em milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) através da aplicação de halosulfurom e sua seletividade nestas culturas. Separata de: **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 5, 1999.

BAYER. Apresenta informações técnicas referentes a agroquímicos da empresa Bayer Cropscience. Disponível em: <<http://www.bayercropscience.com.br>>. Acesso em: 11 jul. 2004.

BLANCO, H. G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. **O Biológico**, São Paulo, v. 38, n. 10, p. 343-350, out. 1972.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Apresenta informações acerca do agribusiness nacional. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 14 jul. 2004.

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

DOOHAN, D. J.; IVANI, J. A.; WHITE, R. P.; THOMAS, W. Tolerance of early maturing com (*Zea mays*) hybrids to DPX-79406. **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, n. 1, p. 41-46, Jan./Mar. 1998.

DUARTE, J. de O. Embrapa Milho e Sorgo: Sistema de Produção. Apresenta informações técnicas à respeito do cultivo de milho. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/importancia/htm>>. Acesso em: 14 jul. 2004.

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

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; ROMAGNI, J. G.; RIMANDO, A. M. Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. **Weed Research**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 99-111, Feb. 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Informática e Agropecuária. **Apresenta informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos estados e municípios do Brasil**. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 24 jul. 2004a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Milho e Sorgo. **Apresenta informações sobre o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 12 jul. 2004b.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Eficiência do nicosulfuron no controle de capim-massambará na cultura do milho. **Planta Daninha**, Londrina, v. 15, n. 1, p. 46-52, 1997.

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.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Programa e Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FOLONI, L. L. Callisto® (Mesotrione) – um novo herbicida pós-emergente para a cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002. **Anais...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 308.

FOY, C. L.; WITT, H. L. Johnsongrass control with DPX-V9360 and CGA-136872 in corn (*Zea mays*) in Virginia. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, n. 3, p. 615-619, July/Sept. 1990.

GOELLNER, C. I. **Utilização dos defensivos agrícolas no Brasil:** análise do seu impacto sobre o meio ambiente e a saúde humana. Site da Associação Nacional de Defesa Vegetal. Disponível em: <<http://www.andef.com.br>>. Acesso em: 21 jul. 2004.

GREEN, J. M. Differential tolerance of corn (*Zea mays*) hybrids to four sulfonylurea herbicides and bentazon. **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, n. 3, p. 474-477, July/Sept. 1998.

HALFORD, C.; HAMILL, A. S.; ZHANG, J.; DOUCET, C. Critical period of weed control in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 15, n. 4, p. 737-744, Oct./Dec. 2001.

HAZEN, J. L. Adjuvants-Terminology, classification, and chemistry. **Weed Technology**, Lawrence, v. 14, n. 4, p. 773-784, Oct./Dec. 2000.

JOHNSON, B. C.; YOUNG, B. G.; MATTHEWS, J. L. Effect of postemergence application rate and timing of mesotrione on corn (*Zea mays*) response and weed control. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 2, p. 414-420, Apr./June 2002.

JOHNSON, W. G.; BRADLEY, P. R.; HART, S. E.; BUESINGER, M. L.; MASSEY, R. E.; Efficacy and economics of weed management in glyphosate resistant corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 14, n. 1, p. 57-65, Jan./Mar. 2000.

KAPUSTA, G.; KRAUSZ, R. F.; KHAN, M.; MATTHEWS, J. L. Effect of nicosulfuron rate, adjuvant, and weed size on annual weed control in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v. 8, n. 4, p. 696-702, Oct./Dec. 1994.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L. Embrapa Milho e Sorgo: Sistema de Produção. Apresenta informações técnicas à respeito do manejo de plantas daninhas no sistema de cultivo de milho (*Zea mays* L.). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/plantasdaninhas/htm>>. Acesso em: 14 jul. 2004.

KRAUSZ, R. F.; KAPUSTA, G. Total postemergence weed control in imidazolinone-resistant corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, n. 1, p. 151-156, Jan./Mar. 1998.

LÓPEZ OVEJERO, R. F.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a diferentes herbicidas na ausência de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 299.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

MAGALHÃES, P. C.; SILVA, J. B. da; DURÃES, F. O. M. Fitotoxicidade de herbicidas aplicados em pós-emergência em fase inicial da cultura do milho. **Planta Daninha**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 277-284, 2000.

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.

MATTOSO, M. J.; MELO FILHO, G. A. de. Embrapa Milho e Sorgo: Sistema de Produção. Apresenta informações técnicas à respeito do cultivo de milho. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho>>. Acesso em: 14 jul. 2004.

MEROTTO JÚNIOR, A.; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L. de; HAVERROTH, H. S. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, Londrina, v. 15, n. 2, p. 141-151, 1997.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Ato n. 14, de 06 de abril de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 72, p. 8, 15 abr. 2004. Seção 1.

MORAIS, A. R. de. **Estatística experimental**: uma introdução aos delineamentos e análise de experimentos. Lavras: UFLA, 2001. 197 p.

MORTON, C. A.; HARVEY, R. G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 6, n. 1, p. 91-96, Jan./Mar. 1992.

MORTON, C. A.; HARVEY, R. G.; KELLS, J. J.; LUESCHEN, W. E.; FRITZ, V. A. Effect of DPX-V9360 and terbufos on field and sweet corn (*Zea mays*) under three environments. **Weed Technology**, Lawrence, v. 5, n. 1, p. 130-136, Jan./Feb. 1991.

NOLTE, S. A.; YOUNG, B. G. Efficacy and economic return on investment for conventional and herbicide-resistant corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 2, p. 371-378, Apr./June 2002.

OBRIGAWITCH, T. T.; KENYON, W. H.; KURATLE, H. Effect of application timing on Rhizome Johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with DPX – V9360. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 1, p. 45-49, Jan. 1990.

OLOFSDOTTER, M.; NAVAREZ, D.; REBULANAN, M.; STREIBIG, J. C. Weed suppressing rice cultivars – does allelopathy play a role? **Weed Research**, Oxford, v. 39, n. 6, p. 441-454, Dec. 1999.

OLSON, B. L. S.; REGHER, D. L.; JANSSEN, K. A.; BARNES, P. L. Tillage system effects on atrazine loss in surface water runoff. **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, n. 4, p. 646-651, 1998.

O'SULLIVAN, J.; ZANDSTRA, J.; SIKKEMA, P. Sweet corn (*Zea mays*) cultivar sensitivity to mesotrione. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 2, p. 421-425, Apr./June 2002.

PEIXOTO, M. F. **Resíduos de sorgo e doses de imazamox no controle de plantas daninhas na soja sob plantio direto**. 1999. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PITELLI, R. A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, set. 1985.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para período de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHED, 1984. p. 37.

REVISTA RURAL. Uso correto dos herbicidas é fundamental. **Revista Rural**, São Paulo, n. 76, mai. 2004. Disponível em: <<http://www.revistarural.com.br>>. Acesso em: 22 jul. 2004.

RITCHIE, S. W.; HANHAY, J. J.; BENSON, G. O. Revisado e adaptado por: VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. de. Como a planta de milho se desenvolve. **Arquivo do agrônomo**, 15, Encarte de Informação agronômicas, n. 113, Piracicaba: Potafos, setembro de 2003. 20 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**: contribuição para uso adequado em plantio direto. 4. ed. Londrina: IAPAR, 1998. 648 p.

ROSSI, I. H.; OSUNA, J. A.; ALVES, P. L. C. A.; BEZUTTE, A. J. Interferência das plantas daninhas sobre algumas características agronômicas e a produtividade de sete cultivares de milho. **Planta Daninha**, Londrina, v. 14, n. 12, p. 134-148, 1996.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide**. Version 8. Cary, NC, 2000.

SHAW, W. C. Integrated weed management systems technology for pest management. **Weed Science**, Champaign, v. 30, p. 2-12, 1982. Supplement, 1.

SIKKEMA, P. H.; KNEZEVIC, S. Z.; HAMILL, A. S.; TARDIF, F. J.; CHANDLER, K.; SWANTON, C. J. Biologically effective dose and selectivity of SAN 1269H (BAS 662H) for weed control in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 2, p. 283-289, Apr./June 1999.

SILVA, J. B. da. Equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 87, p. 44-54, mar. 1982.

SILVA, J. B.; PIRES, N. M. Controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 164, n. 14, p. 17-20, 1990.

SILVA, J. B. da; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E. Indicações para o controle de plantas daninhas na cultura do milho em pós-emergência com o herbicida Sanson 40 SC e sua mistura 1+2 com atrazine. **O Ruralista**, v. 35, n. 440, p. 9-11, 1998.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA. Apresenta informações sobre o mercado de defensivos agrícola. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br>>. Acesso em: 21 jul. 2004.

SOUZA, A. P. de; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. da; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. Uso da equação logística no estudo de dose-resposta de glyphosate e imazapyr por meio de bioensaios. **Planta Daninha**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 17-28, 2000.

SOUZA, I. F. de. **Plantas daninhas: Manejo integrado e ação de herbicidas**. Lavras: UFLA, 2002. 66 p. Apostila.

SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. Integrated Weed Management. **Weed Technology**, Champaign, v. 5, n. 3, p. 657-663, July/Sept. 1991.

SYNGENTA. Apresenta informações sobre os produtos da empresa Syngenta. Disponível em: <<http://www.syngenta.com.br>>. Acesso em: 22 jul. 2004.

SYNGENTA. **Mesotrione: nature's unique solution**. Basel, Switzerland, 2001. 25 p.

TAYLOR-LOVELL, S.; WAX, L. M. Weed control in field corn (*Zea mays*) with RPA 201772 combinations with atrazine and s-metolachlor. **Weed Technology**, Lawrence, v. 15, n. 2, p. 249-156, Apr./June 2001.

TOLLERNAAR, M.; DIBO, A. A.; AGUILERA, A.; WEISE, S. F.; SWANTON, C. J. Effect of crop density on weed interference in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 4, p. 591-595, July/Aug. 1994.

VAN VALKENBURG, I. W. Terminology, classification and chemistry. In: HODGSON, R. H. **Adjuvants for herbicides**. Champaign: Weed Science Society of American, 1982. Chap. 1, p. 1-9.

VICTÓRIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z. da; SANTIAGO, T. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. cap. 8, p. 317-376.

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

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide handbook**. 7. ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 301 p.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, Londrina, v. 18, n. 1, 143-150, 2000.

ANEXOS

ANEXO A	Pág.
QUADRO 1A. Principais características agronômicas da cultivar de milho BRS 2020.	61
QUADRO 2A. Espécies de plantas daninhas presentes na área experimental e suas respectivas classes, famílias e códigos.	62

QUADRO 1A. Principais características agronômicas da cultivar de milho BRS 2020.

Características Agronômicas	
Obtento/Procedência	EMBRAPA, Sementes Semear
Segmento	Baixa, média e média/alta tecnologia
Ciclo de maturação	Precoce
Cor do endosperma	Laranja
Tipo do endosperma	Semi-duro
Arquitetura de plantas	Semi-ereta
Porte da planta	Baixo
Reação à Cercosporiose	Resistente
Reação à Doença do Colmo	Moderadamente suscetível
Reação à Doença do Grão	Moderadamente resistente
Reação à Ferrugem Branca	Resistente
Reação à Ferrugem Comum	Moderadamente resistente
Reação à Ferrugem Polisora	Suscetível
Reação à Mancha Foliar de <i>Helminthosporium</i>	Moderadamente resistente
Reação à Pinta Branca	Suscetível
Reação à <i>Diplodia maydis</i>	Moderadamente resistente
Sanidade de espiga	Muito boa

Adaptado de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2004).

QUADRO 2A. Nome científico, nome vulgar e família das plantas daninhas presentes na área experimental.

Espécie	Nome vulgar	Família
<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim-braquiária	Poaceae
<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	Asteraceae
<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim-carrapicho	Poaceae
<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba	Commelinaceae
<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca	Cyperaceae
<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão	Poaceae
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	Euphorbiaceae
<i>Ipomoea grandifolia</i>	Corda-de-viola	Convolvulaceae
<i>Melampodium perfoliatum</i>	Estrelinha	Asteraceae
<i>Nicandra physaloides</i>	Joá-de-capote	Solanaceae
<i>Panicum maximum</i>	Capim-colonião	Poaceae
<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia-branca	Rubiaceae
<i>Sida rhombifolia</i>	Guanxuma	Malvaceae
<i>Sonchus oleraceus</i>	Serralha	Asteraceae
<i>Sorghum halepense</i>	Sorgo forrageiro	Poaceae

ANEXO B	Pag.
TABELA 1B. Resumo da análise de variância para controle, através de avaliação visual (%) de <i>Digitaria horizontalis</i> (DIGHO), <i>Ipomoea grandifolia</i> (IAOGR) e <i>Richardia brasiliensis</i> (RCHBR) na cultura do milho em diferentes épocas de avaliação (DAA).	64
TABELA 2B. Resumo da análise de variância do desdobramento de tratamentos dentro de cada nível de épocas de avaliação (DAA) para <i>Digitaria horizontalis</i> (DIGHO), <i>Ipomoea grandifolia</i> (IAOGR) e <i>Richardia brasiliensis</i> (RCHBR).	64
TABELA 3B. Resumo da análise de variância do desdobramento de épocas de avaliação (DAA) dentro de cada nível de tratamento para <i>Digitaria horizontalis</i> (DIGHO), <i>Ipomoea grandifolia</i> (IAOGR) e <i>Richardia brasiliensis</i> (RCHBR).	65
TABELA 4B. Resumo da análise de variância para matéria seca de plantas daninhas na cultura do milho em diferentes épocas de avaliação (DAA).	65
TABELA 5B. Resumo da análise de variância para peso de grãos de milho em função da aplicação de diferentes herbicidas.	66
TABELA 6B. Resumo da análise de variância para matéria seca de plantas de milho em função das dosagens de mesotrione utilizadas no experimento em casa de vegetação.	66

TABELA 1B. Resumo da análise de variância para controle, através de avaliação visual (%), de *Digitaria horizontalis* (DIGHO), *Ipomoea grandifolia* (IAOGR) e *Richardia brasiliensis* (RCHBR) na cultura do milho em diferentes épocas de avaliação (DAA).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		DIGHO	IAOGR	RCHBR
Bloco	3	239,843750*	176,899306*	98,527778*
Tratamento (T)	7	2382,998512**	1515,986607**	923,714286**
DAA	2	257,291667*	140,666667 ^{NS}	5,093750 ^{NS}
T * DAA	14	510,565476**	496,142857**	25,558036 ^{NS}
Resíduo	69	63,937953	45,594958	29,085749
CV (%)		12,29	8,83	6,28

* (P<0,05); ** (P<0,01); NS – não significativo.

TABELA 2B. Resumo da análise de variância do desdobramento de tratamentos dentro de cada nível de épocas de avaliação (DAA) para *Digitaria horizontalis* (DIGHO), *Ipomoea grandifolia* (IAOGR) e *Richardia brasiliensis* (RCHBR).

Fontes de variação	DAA	GL	Quadrado médio		
			DIGHO	IAOGR	RCHBR
Tratamentos	13	7	1578,459821**	300,781250**	216,553571**
Tratamentos	19	7	901,674107**	1072,781250**	332,959821**
Tratamentos	25	7	923,995536**	1134,709821**	425,316964**
Resíduo		69	63,937953	45,594958	29,085749

** (P<0,01).

TABELA 3B. Resumo da análise de variância do desdobramento de épocas de avaliação (DAA) dentro de cada nível de tratamento para *Digitaria horizontalis* (DIGHO), *Ipomoea grandifolia* (IAOGR) e *Richardia brasiliensis* (RCHBR).

Tratamentos	GL	Quadrado médio		
		DIGHO	IAOGR	RCHBR
DAA 1	2	700,000000**	839,583333**	118,750000*
DAA 2	2	752,083333**	2139,58333388	27,083333 ^{NS}
DAA 3	2	52,083333 ^{NS}	11,583333 ^{NS}	21,583333 ^{NS}
DAA 4	2	2233,333333**	89,583333 ^{NS}	0,583333 ^{NS}
DAA 5	2	14,583333 ^{NS}	358,333333**	2,083333 ^{NS}
DAA 6	2	27,083333 ^{NS}	133,333333 ^{NS}	8,333333 ^{NS}
DAA 7	2	18,750000 ^{NS}	39,583333 ^{NS}	5,583333 ^{NS}
DAA 8	2	33,333333 ^{NS}	2,083333 ^{NS}	0,000000 ^{NS}
Resíduo	69	63,937953	45,594958	29,285749

* (P<0,05); ** (P<0,01); NS – não significativo.

TABELA 4B. Resumo da análise de variância para o índice de matéria seca de plantas daninhas na cultura do milho em função dos herbicidas aplicados.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Bloco	3	0,025303 ^{NS}
Tratamento	7	0,215078**
Resíduo	21	0,014898
CV (%)		17,78

** (P<0,01); NS – não significativo.

TABELA 5B. Resumo da análise de variância para peso de grãos de milho em função da aplicação de diferentes herbicidas.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Blocos	3	104432,629630 ^{NS}
Tratamento	8	3801057,611111 ^{**}
Resíduo	24	522718,462963
CV (%)		10,43

^{**} (P<0,01); NS – não significativo.

TABELA 6B. Resumo da análise de variância para matéria seca de plantas de milho em função das doses de mesotrione utilizadas no experimento em casa de vegetação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Bloco	3	0,084580 ^{NS}
Dose (D)	4	0,252400 ^{**}
Híbrido (H)	1	9,840640 ^{**}
D*H	4	0,077215 ^{NS}
Resíduo	27	0,037539
CV (%)		11,64

* (P<0,05); ^{**} (P<0,01); NS – não significativo.

ANEXO C	Pág.
FIGURA 1C. Temperatura mínima e máxima do ar observadas durante o período de condução do experimento (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).	68
FIGURA 2C. Precipitação e disponibilidade de água no solo (DAS) observadas durante o período de condução do experimento (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).	68

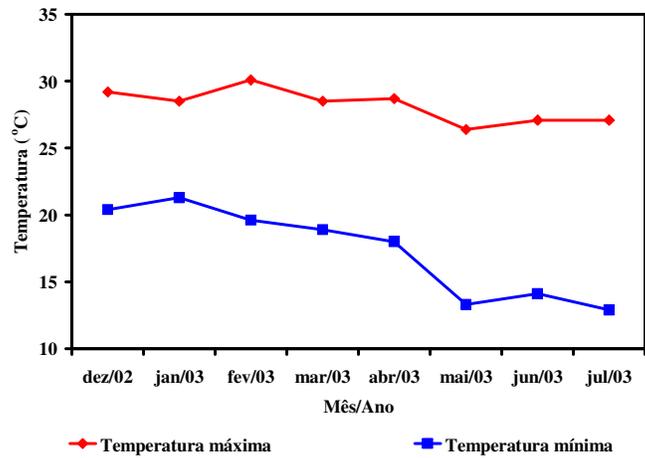


FIGURA 1C. Temperatura mínima e máxima do ar observadas durante o período de condução do experimento (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).

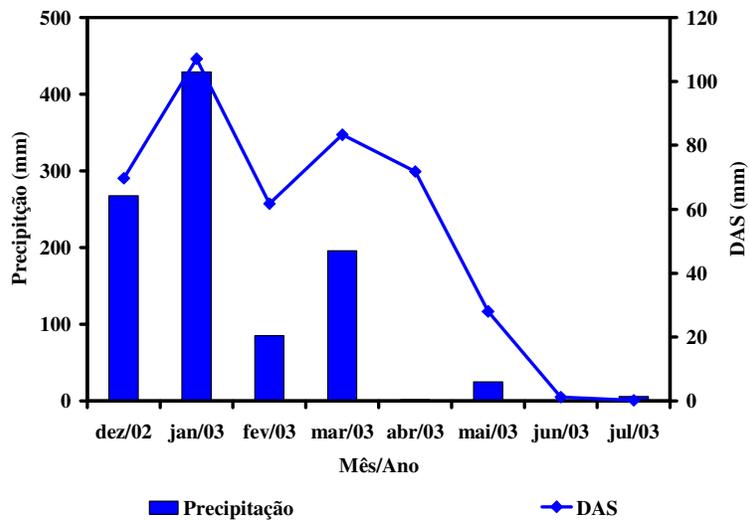


FIGURA 2C. Precipitação e disponibilidade de água no solo (DAS) observadas durante o período de condução do experimento (EMBRAPA, Sete Lagoas/MG, 2004).