

VANESSA ESCHER

EFICIÊNCIA DO FOMESAFEN, ISOLADO E EM MISTURA COM BENTAZON,
NA CULTURA DO FEIJÃO E SEUS EFEITOS RESIDUAIS NA CULTURA DO
SORGO, EM SUCESSÃO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de “Magister
Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

VANESSA ESCHER

EFICIÊNCIA DO FOMESAFEN, ISOLADO E EM MISTURA COM BENTAZON,
NA CULTURA DO FEIJÃO E SEUS EFEITOS RESIDUAIS NA CULTURA DO
SORGO, EM SUCESSÃO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 21 de dezembro de 2001.

Prof. Francisco Affonso Ferreira
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Prof. João Carlos C. Galvão

Prof. Eduardo Fontes Araújo

Prof. Lino Roberto Ferreira
(Orientador)

Aos meus pais Irineu Escher e Maria Aparecida Cocensa Escher.

Ao meu marido Cláudio Pagotto Ronchi.

Ao meu filho Murilo, luz que brilha em minha vida.

AGRADECIMENTO

A Deus, por toda força e luz sempre presentes nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de obter o mestrado em Fitotecnia.

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

Ao Professor Lino Roberto Ferreira, pela orientação.

Aos Professores Francisco Affonso Ferreira, Paulo Roberto Cecon e Aluizio Borém de Oliveira, pelos conselhos e pelas críticas.

Ao meu marido Cláudio Pagotto Ronchi, que foi para mim um segundo orientador, pelas sugestões, pelas críticas, pela dedicação e pela amizade durante o desenvolvimento dos trabalhos, que culminaram nesta tese.

Ao Professor Antônio Alberto da Silva, pelas críticas, que contribuíram para a finalização deste trabalho.

Ao Técnico em Agropecuária Luís Henrique Lopes de Freitas, pela amizade, pela concessão da área experimental e pelo apoio na condução dos experimentos.

Ao Pesquisador Rogério Faria Vieira e aos Professores João Carlos Cardoso Galvão e Eduardo Fontes Araújo, pela atenção e pelos oportunos esclarecimentos.

A todos os colegas do Laboratório de Herbicida na Planta da UFV, especialmente aos estudantes José Luís e Rafael Rufino, pelo valioso auxílio no desenvolvimento de alguns trabalhos.

BIOGRAFIA

VANESSA ESCHER, filha de Irineu Escher e Maria Aparecida Cocensa Escher, nasceu em Bebedouro, São Paulo, em 24 de setembro de 1975.

Realizou os cursos primário e secundário em Bebedouro, SP, e, em março de 1994, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em agosto de 1999.

Em setembro de 1999, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de mestrado, nesta mesma Universidade, submetendo-se à defesa de tese em 21 de dezembro de 2001.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Experimentos realizados em Coimbra.....	12
3.1.1. Eficiência e seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, na cultura do feijão.....	13
3.1.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo, em sucessão.....	16
3.2. Experimentos realizados em Viçosa.....	17
3.2.1. Seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, para a cultura do feijão.....	17
3.2.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo, em sucessão.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22

4.1. Experimentos realizados em Coimbra.....	22
	Página
4.1.1. Eficiência e seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, na cultura do feijão.....	22
4.1.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo, em sucessão.....	29
4.2. Experimentos realizados em Viçosa.....	32
4.2.1. Seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, para a cultura do feijão.....	32
4.2.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo, em sucessão.....	34
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

RESUMO

ESCHER, Vanessa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2001. **Eficiência do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, na cultura do feijão e seus efeitos residuais na cultura do sorgo, em sucessão.** Orientador: Lino Roberto Ferreira. Conselheiros: Francisco Affonso Ferreira, Paulo Roberto Cecon e Aluízio Borém de Oliveira.

Foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar a eficiência e a seletividade do fomesafen (67,5; 125; 187,5; e 250 g ha⁻¹), isolado e em mistura com bentazon (600 g ha⁻¹), na cultura do feijão, sendo um no sistema de cultivo mínimo em Coimbra-MG, no período de agosto a dezembro de 1999, e outro no sistema de plantio direto em Viçosa-MG, no período de março a junho de 2000. Para avaliar a ação residual dos herbicidas, semeou-se sorgo na área experimental imediatamente após a colheita do experimento em sistema de cultivo mínimo, a qual foi realizada 76 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Em Viçosa, para avaliar o efeito residual dos herbicidas, foram coletadas amostras de solo referentes a todos os tratamentos aos 0, 14, 28, 42, 63, 77 e 91 DAT, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Para as doses de 187,5 e 250 g ha⁻¹ de fomesafen, isoladas e em mistura com bentazon, coletaram-se, também, amostras aos 133, 147, 161, 175, 194 e 204 DAT, apenas na profundidade de 0-5 cm. Essas avaliações foram feitas por

meio de bioensaios em casa de vegetação, utilizando sorgo como planta-teste. No experimento realizado em Coimbra, observou-se que doses de fomesafen inferiores à recomendada para a cultura do feijão proporcionaram excelente controle de *Bidens pilosa* e que todos os herbicidas, nas doses e misturas avaliadas, foram seletivos para essa cultura. Em sistema de cultivo mínimo, o sorgo cultivado logo após a colheita do feijão não foi afetado pelos resíduos no solo dos herbicidas aplicados. No experimento realizado em Viçosa, verificou-se que o bentazon não influenciou a ação residual do fomesafen, que permaneceu na camada de 0-5 cm de profundidade. Em sistema de plantio direto, a cultura do sorgo pode ser implantada após a colheita do feijão, uma vez que aos 59 dias após a aplicação da maior dose de fomesafen não se observou efeito do herbicida sobre as plantas de sorgo.

ABSTRACT

ESCHER, Vanessa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, december, 2001. **Efficiency of fomesafen, isolated and combined with bentazon, in the common bean crop and its soil residues effects on the rotational sorghum.** Adviser: Lino Roberto Ferreira. Committee members: Francisco Affonso Ferreira, Paulo Roberto Cecon and Aluizio Borém de Oliveira.

Two experiments were conducted in order to examine both the efficiency and selectivity of fomesafen (applied at doses of 67.5; 125; 187.5; and 250 g ha⁻¹ isolatedly and combined with 600 g ha⁻¹ bentazon), on edible bean. One experiment was performed at Coimbra (from August to December 1999; reduced tillage system) and the other one at Viçosa (from March to June 2000; no-tillage system), Minas Gerais State, Brazil. To evaluate residual action of the herbicides herein employed, sorghum crop was sown in an area following the harvest of the reduced tillage system's experiment, which was performed at 76 days after treatments applications (DTA). In Viçosa, soil was sampled at 0-5 cm and 5-10 cm depths at 0, 14, 28, 42, 63, 77 and 91 DTA for all treatments. Afterwards (133, 147, 161, 175, 194 and 204 DTA), herbicide residual effects were only evaluated in soil samples collected at 0-5 cm depth for the 187.5 and 250 g ha⁻¹ fomesafen applications, isolated or combined with bentazon. Such an evaluation was done in a greenhouse by biossays, using sorghum as a test

plant. In Coimbra's experiment, *Bidens pilosa* was successfully controlled by fomesafen application at doses lower than those recommended. All the herbicide treatments were highly selective to edible bean. In reduced tillage system, sorghum just sowed after bean harvest was not affected by soil residues herbicides used in edible bean. In Viçosa's experiment, bentazon had no effect on the residual action of fomesafen, which remained in the 0-5 cm depth. In no-tillage system, sorghum crop could be sown after bean harvest since the highest applied dose of fomesafen did not affect the sorghum plants after 59 days of application.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão, até o início da década de 90, era explorada quase que exclusivamente por pequenos produtores, em duas épocas: cultivo das “águas” e cultivo da “seca”. A partir dessa década, em regiões de inverno ameno e com o uso da irrigação, desenvolveu-se uma terceira época de plantio no outono-inverno, surgindo o “feijão de inverno”. Essa prática despertou o interesse de grandes agricultores e de empresas privadas do setor agrícola, se constituindo-se num cultivo de alto nível tecnológico, marcado pelo alto consumo de insumos agrícolas e pela produtividade (BORÉM e CARNEIRO, 1998). Para a safra de 2001, a produção de feijão estimada é de 2.542.697 toneladas, numa área de 3.614.048 ha (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2001), o que caracteriza sua importância socioeconômica, pois sua produção absorve grande quantidade de mão-de-obra e seus grãos possuem ótimo valor alimentício, sendo utilizados como fontes energética e protéica, principalmente para as camadas mais pobres da população.

Dentre os insumos utilizados na produção de feijão, o uso de herbicidas destaca-se como opção de grande eficiência, alto rendimento operacional e custo reduzido, em comparação aos controles mecânico e manual, principalmente quando se trata de grandes áreas. Um dos herbicidas mais utilizados na cultura do feijão para controle de plantas daninhas dicotiledôneas

é o fomesafen, que pode ser misturado com o bentazon para se obter melhor espectro de controle sobre as plantas daninhas.

Embora os herbicidas apresentem grandes vantagens para o produtor, é muito importante conhecer o seu comportamento no ambiente, principalmente no solo, pois alguns podem apresentar longo período residual e causar danos à cultura subsequente, efeito este chamado de “carryover”. No caso do fomesafen, na cultura do feijão, em sistema convencional de plantio, alguns autores (SANTOS, 1991; COBUCCI, 1996) observaram que a persistência desse herbicida é variável, dependendo das doses e de características do solo, como teor de carbono orgânico, pH, umidade, textura e população microbiana, além das características do clima da região e da molécula herbicida, enquanto o bentazon é rapidamente degradado, apresentando curto período residual no solo (WSSA, 1983; GASTON et al., 1996a,b).

Dessa forma, torna-se necessário o conhecimento dos níveis de resíduos do fomesafen no solo no momento da instalação da cultura em sucessão. O uso seguro e eficiente desse herbicida requer conhecimentos para detecção da presença de seus resíduos no solo, de sua seletividade para a cultura e seus efeitos sobre as espécies daninhas e, também, dos processos que controlam sua persistência no meio ambiente (COBUCCI, 1996).

Resultados de trabalhos sobre o efeito “carryover” em sistema de cultivo mínimo ou de plantio direto, não são consistentes. Especula-se que nesses sistemas de plantio, esse efeito seja mais pronunciado do que em sistema convencional, pois o solo não passa por distúrbios depois da aplicação dos herbicidas (WALSH et al., 1993; LOCKE e BRYSON, 1997).

Este trabalho foi desenvolvido em sistema de cultivo mínimo e em sistema de plantio direto, com o objetivo de avaliar a eficiência do fomesafen, isolado e em mistura com o bentazon, na cultura do feijão, bem como seus efeitos residuais sobre a cultura do sorgo, em sucessão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os herbicidas registrados para a cultura do feijão, no controle de plantas daninhas monocotiledôneas destacam-se o fluazifop-p-butil, o sethoxydim e o clethodim, todos aplicados em pós-emergência. A boa eficiência desses herbicidas está relacionada às condições ótimas de umidade no solo e plantas em intenso crescimento vegetativo (FERREIRA et al., 1998).

Na aplicação em pré-emergência destacam-se o metolachlor e o pendimethalin. A eficiência desses herbicidas, assim como daqueles que devem ser incorporados ao solo logo após sua aplicação, como o trifluralin, é influenciada por fatores como o tipo de solo e o teor de umidade e de matéria orgânica do solo (SILVA, 1988).

Para controle de plantas daninhas dicotiledôneas, os herbicidas mais utilizados em pós-emergência são: imazamox, fomesafen e bentazon. Se houver infestação mista (dicotiledôneas e gramíneas), a mistura pronta fluazifop-p-butil + fomesafen, de nome comercial “Robust”, apresenta elevada eficiência (RODRIGUES e ALMEIDA, 1998).

O imazamox é adsorvido aos colóides do solo e pouco lixiviado. Apresenta rápida degradação em condições de solos brasileiros (SILVA et al., 2001), podendo-se semear o milho em sucessão à cultura do feijão, sem que seu desenvolvimento seja afetado (SILVA et al., 1995; COSTA, 1997).

O bentazon controla plantas daninhas dicotiledôneas, com exceção de *Alternanthera tenella* (apaga-fogo), *Amaranthus* spp. (caruru) e *Euphorbia*

heterophylla (leiteiro) (ALCÂNTARA e CARVALHO, 1982), sendo, nestes casos, recomendada sua mistura com fomesafen. A dose de bentazon recomendada para a cultura do feijão varia de 600 a 1.200 g ha⁻¹, de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas (FERREIRA et al., 1998; RODRIGUES e ALMEIDA, 1998). Este herbicida pertence ao grupo químico das benzothiadiazinonas e atua como inibidor da fotossíntese, em nível de fotossistema II (HRAC, 2001). O herbicida prende-se na proteína D-1, no mesmo sítio onde se prende a plastoquinona “Qb”; dessa forma, compete com a “Qb” parcialmente reduzida, ocasionando a sua saída desse sítio, interrompendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (HESS e WELLER, 2000). A absorção do bentazon se dá essencialmente pelas folhas e pelos tecidos verdes, ocorrendo em menor intensidade pelas raízes. A translocação é reduzida quando ele é absorvido pelas folhas; quando absorvido pelas raízes, verifica-se pequena movimentação acrópeta, pelo xilema. Nas espécies tolerantes, o produto é metabolizado por meio da formação de hidroxibentazon, com ruptura do anel heterocíclico. O bentazon apresenta baixa persistência no solo em razão de ser rapidamente degradado, portanto não têm sido verificados problemas de “carryover” (WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA – WSSA, 1983; GASTON et al., 1996a,b).

O fomesafen é seletivo para as culturas de soja e de feijão, com amplo espectro de controle de plantas daninhas de folhas largas e pertence ao grupo químico dos difeniléteres, sendo recomendado para uso em pós-emergência. A dose normalmente recomendada para a cultura do feijão é de 225 a 250 g ha⁻¹ (FERREIRA et al., 1998). Atua afetando a síntese do tetrapyrrole e, conseqüentemente, interfere na síntese de clorofila e heme-clorofila (HRAC, 2001). A interação da clorofila com os difeniléteres é explicada pela inativação da protoporfirinogênio oxidase (enzima da rota de síntese de clorofila). Com isso, forma-se a protoporfirina não-enzimática, que na presença de luz e O₂ forma o oxigênio singleto, responsável pela peroxidação de lipídeos da membrana celular, levando à ruptura desta e ao vazamento de compostos celulares para os espaços intercelulares. A protoporfirina não-enzimática não serve de substrato para a Mg-quelatase; dessa forma, a síntese de clorofila é reduzida (HESS e WELLER, 2000). Os sintomas de toxicidade do fomesafen (necrose que surge até seis horas após a aplicação, sob luz, devido à

embebição de água pelos tecidos verdes) são observados na cultura do feijão, na dose de 0,25 kg ha⁻¹, verificando-se, entretanto, completa recuperação da cultura dez dias após (LACA-BUENDIA e KAKIDA, 1982). Dependendo das condições edafoclimáticas, aplicações de 250 e 500 g ha⁻¹ de fomesafen não afetam a produção de milho mesmo em intervalos de 65 dias entre a aplicação do herbicida e o plantio do milho, devendo-se evitar o repasse de barras que podem dobrar a dose do produto (COBUCCI, 1996). Segundo esse mesmo autor, aplicações de fomesafen no primeiro cultivo de feijão (março-abril) e também no segundo (junho-julho) não aumentam o “carryover” no milho plantado subsequente (outubro/novembro).

A mistura pronta (fluazifop-p-butil + fomesafen), muito utilizada por sua alta eficiência, está registrada no Brasil para controle de mono e dicotiledôneas em pós-emergência nas culturas de soja e feijão (RODRIGUES e ALMEIDA, 1998).

Essa mistura age nas plantas daninhas de duas maneiras. O fluazifop-p-butil tem ação sistêmica sobre gramíneas anuais e perenes, se translocando ativamente pelo floema e passivamente pelo xilema. Ocorre inibição da enzima acetil-COA carboxilase (ACCase), que catalisa um passo inicial da síntese dos ácidos graxos constituintes dos lipídeos celulares. O fomesafen apresenta ação de contato sobre as invasoras dicotiledôneas, atuando sobre o mecanismo fotossintético das plantas, formando radicais superóxidos nos cloroplastos que afetam a fotossíntese (FERREIRA et al., 1998). A dose recomendada é de 0,8 a 1,0 L ha⁻¹ do produto comercial (Robust). Segundo RODRIGUES e ALMEIDA (1998), o intervalo mínimo entre a aplicação da mistura e o plantio de milho e sorgo para o feijão das águas (setembro a dezembro) é de 90 dias tanto para solos leves (arenosos ou areno-argilosos) como para solos pesados (argilosos); para o feijão de época seca (janeiro a março), de 90 dias para solos pesados e de 150 dias para solos leves; e para o feijão de inverno (abril a julho), de 150 dias para solos pesados e 210 dias para solos leves.

Em sistema de plantio direto, os herbicidas utilizados no manejo de plantas daninhas em pós-emergência da cultura do feijão são os mesmos empregados no plantio convencional. Na dessecação para o plantio da cultura do feijão, os herbicidas mais comumente aplicados são glyphosate e sulfosate, isolados ou acrescidos de 2,4-D, e a mistura pronta paraquat + diuron, devendo

ser feitas algumas observações para cada um em particular. No caso dos herbicidas glyphosate e sulfosate, é essencial que sejam aplicados quando as plantas daninhas estiverem em pleno desenvolvimento vegetativo, ou seja, solo com boa disponibilidade de água e condições de temperatura favoráveis. Em áreas infestadas por plantas daninhas de difícil controle, como *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), *Richardia brasiliensis* (poaia-do-campo) e *Commelina* spp. (trapoeraba), recomendam-se aplicações seqüenciais, acrescentando-se 2,4-D na primeira aplicação. Para a mistura paraquat + diuron, deve-se observar se as plantas daninhas estão com altura superior a 20 cm; neste caso, deve-se fazer a aplicação seqüencial, dividindo-se a dose do herbicida ao meio e aplicando-se duas vezes, com intervalos de cinco a sete dias entre as aplicações. Elimina-se, dessa forma, o efeito guarda-chuva, isto é, o risco de o produto não atingir plantas menores sombreadas pelas maiores (FERREIRA et al., 1998).

Percebe-se que o controle de plantas daninhas por meio da utilização de herbicidas é de grande valia, principalmente em áreas extensas onde há carência de mão-de-obra, assim como em locais onde o controle mecânico é impraticável, em virtude das condições climáticas ou físicas do terreno (SILVA, 1988). Fatores como a descoberta de herbicidas cada vez mais eficientes e menos tóxicos ao homem e ao ambiente, o melhor treinamento de técnicos em condições de campo e, principalmente, o baixo custo do método químico em relação aos métodos tradicionais foram fundamentais para adoção dessa tecnologia, até mesmo pelos pequenos agricultores.

O mercado mundial de agrotóxicos movimenta anualmente US\$ 30 bilhões, sendo o Brasil o quinto maior consumidor desse insumo, com US\$ 2,5 bilhões (UETA et al., 2001); os herbicidas são responsáveis por 56% do volume total de negócios com pesticidas (OLIVEIRA JÚNIOR, 1998).

No entanto, alguns herbicidas podem deixar resíduos no solo, e estes podem afetar as culturas sucedâneas. Muitos herbicidas são aplicados diretamente no solo; outros, embora usados após a emergência das plantas, também acabam chegando até ele, direta ou indiretamente. Assim, é fundamental que se conheça a forma como essas substâncias se comportam nesse ambiente (SILVA et al., 2001).

A persistência de um herbicida no solo pode ser definida como o intervalo de tempo em que o produto fica ativo ou simplesmente permanece nesse ambiente (KLINGMAN e ASHTON, 1975). É bastante variável, existindo herbicida que degrada em apenas alguns dias, enquanto outros podem persistir por vários meses ou anos. Dessa forma, dados experimentais obtidos em um local não devem ser utilizados em outro, principalmente se as condições edafoclimáticas forem diferentes.

O herbicida ideal deve permanecer no ambiente o tempo suficiente para controlar as plantas daninhas e depois se dissipar completamente, evitando possíveis contaminações do ambiente e injúrias às culturas subseqüentes (COBUCCI, 1996).

O movimento de um herbicida no solo depende basicamente das interações entre a sua estrutura molecular, a qual confere propriedades relacionadas a determinados grupos funcionais, e as características de solo e de manejo ao qual a área é submetida, além dos fatores climáticos. Como essas substâncias normalmente movem-se a partir da superfície do solo na forma de solução, a compreensão dos fatores que regulam as complexas interações de retenção é essencial para entender o comportamento desses herbicidas no solo (OLIVEIRA JÚNIOR, 1998).

Segundo HERMES (1991), a sorção é um processo-chave no comportamento dos herbicidas, pois está diretamente relacionada aos processos de transporte, absorção e bioatividade dos herbicidas nos solos, interferindo na disponibilidade dos produtos para as plantas e na sua ação seletiva. Por serem os solos diferentes em suas características físicas, químicas e biológicas, espera-se que a natureza e a intensidade dos processos sortivos sejam também diferentes.

Os herbicidas podem ficar sujeitos a processos físicos, como volatilização, lixiviação e erosão do solo, e a processos químicos, como degradação química, adsorção pelas partículas do solo e complexação com outros compostos orgânicos, os quais influenciam seu destino no meio, quando se encontram em quantidades acima das passíveis de degradação microbiana (COBUCCI, 1996).

Em trabalho conduzido sob sistema convencional de plantio de feijão no inverno, SANTOS (1991) constatou que o fomesafen causou redução

significativa no crescimento da parte aérea de plantas de sorgo, que foram usadas como planta-teste, até 100 dias da aplicação para todas as doses estudadas (0,125; 0,250; e 0,375 kg ha⁻¹); na dose de 0,375 kg ha⁻¹, o efeito persistiu por até 180 dias.

COBUCCI (1996) estudou o efeito de fomesafen aplicado em feijão cultivado em sistema convencional, nas doses de 0,25 e 0,5 kg ha⁻¹, sobre a cultura do milho, plantada em sucessão, e detectou resíduos que se concentraram numa camada de solo de 0 a 10 cm. Esses resíduos diminuíram com o aumento do intervalo de tempo após a aplicação; contudo, foram encontrados até 232 dias após a aplicação, aos dez dias após a emergência do milho. Observou-se ainda que resíduos de fomesafen diminuíram o teor de clorofila e o volume de raiz das plantas de milho aos dez dias após a emergência, quando o intervalo entre a aplicação do produto e o plantio do milho foi de 65 dias, mas não afetaram a biomassa seca da parte aérea e da raiz nem o conteúdo de macronutrientes do milho, nessa mesma data. A produção de grãos de milho também não foi afetada por resíduos de fomesafen.

Componentes como partículas de argila, matéria orgânica e óxidos amorfos juntamente com a solução do solo, conferem características e propriedades bastante variáveis de solo para solo. O teor de matéria orgânica do solo pode influenciar significativamente o processo de adsorção (CARRINGER et al., 1975); além disso, solos argilosos apresentam grande capacidade de adsorção devido à maior superfície específica de seus colóides, a qual é altamente influenciada pela composição mineralógica. Por esse motivo, as argilas tipo caulinita, por apresentarem menor superfície específica em relação à montmorilonita, possuem menor capacidade adsorptiva (GOETZ et al., 1990).

O pH do solo também pode influenciar a adsorção dos herbicidas, especialmente para aqueles que se ionizam quando em solução, por alterar as características iônicas de suas moléculas. Cada herbicida apresenta um pH ótimo para a sua adsorção; no entanto, de maneira geral, é esperado que a mobilidade e a disponibilidade dos herbicidas no solo sejam menores em valores baixos de pH do que em altos ou neutros (CORBIN et al., 1971; APPLEBY, 1985; WEBER, 1993a).

Herbicidas com propriedades ácidas, como o fomesafen, são geralmente sorvidos pelos solos em menores quantidades num pH neutro ou alto do que compostos não-iônicos ou catiônicos, pois, nestas condições, se ionizam para formas aniônicas, as quais são menos sorvidas pelas partículas do solo do que a forma não-ionizada, ou seja, sua forma molecular, que é a predominante em baixo pH. Devido à baixa solubilidade do fomesafen, quando em baixos valores de pH, é possível ocorrer ligações hidrofóbicas entre as suas moléculas e as partes lipofílicas das superfícies dos colóides orgânicos; além do mais, a sorção dessas formas moleculares pode se dar por forças de Van der Waals e por pontes de hidrogênio (WEBER, 1993a). Apesar disso, deve-se levar em consideração o fato de que alguns solos apresentam altos teores de óxidos de ferro e alumínio, que geram grande quantidade de cargas positivas, e, nessa situação, a forma aniônica dos herbicidas ácidos será adsorvida com maior força que a molecular; assim, com o aumento do pH, maior será a quantidade da forma aniônica do herbicida, e, conseqüentemente, maior será também a adsorção (COBUCCI, 1996).

OLIVEIRA JÚNIOR (1998) avaliou o potencial de lixiviação de nove herbicidas em seis solos brasileiros, os quais apresentavam percentuais de argila, carbono orgânico, pH e CTC variando de 6 a 75; 0,35 a 7,45; 4,3 a 6,3; e 2,95 a 46,82, respectivamente, e observou que, de maneira geral, herbicidas ácidos, como dicamba, imazethapyr, metsulfuron, nicosulfuron e sulfometuron, são menos sorvidos que herbicidas básicos (atrazine, hexazinone e simazine) e herbicidas não-iônicos (alachlor).

Anos com baixa disponibilidade de chuvas e com temperaturas baixas, solos com pH baixo e herbicidas com meia-vida longa aumentam as possibilidades de "carryover". A quantidade e a frequência de chuvas são importantes fatores que influenciam a longevidade de herbicidas no solo, visto que o teor de umidade interfere nos processos químicos e biológicos responsáveis pela dissipação dos herbicidas no ambiente (WITT, 1984; WEBER et al., 1987; WEBER, 1993a,b; LOCKE e BRYSON, 1997). A água, muitas vezes, reduz a adsorção dos herbicidas aos colóides do solo, pois compete pelos sítios de adsorção, formando películas que envolvem os colóides. Os herbicidas ficam, portanto, disponíveis, podendo ser absorvidos pelos microrganismos e decompostos ou ser lixiviados para as camadas mais

profundas. Entretanto, se o produto estiver em solo seco, ocorre menor atividade biológica e maior adsorção (WEBER et al., 1987; WEBER, 1993a,b; WITT, 1984; BURNSIDE e SCHUTZ, 1978; HANCE, 1980). COBUCCI et al. (1998) estudaram o efeito dos herbicidas imazamox, fomesafen e acifluorfen, aplicados na cultura do feijão, sobre as culturas de arroz, milho, milheto e sorgo, em sucessão. Observaram que o sorgo foi a cultura mais sensível ao imazamox e fomesafen e que a persistência desses herbicidas foi maior no ano de menor precipitação e no local onde o solo continha maior teor de matéria orgânica e conteúdo de argila. JOHNSON e TALBERT (1993) também constataram maior persistência de fomesafen em solo com menor umidade.

Existem muitos microrganismos no solo que reduzem o grupamento “nitro” dos difeniléteres sob condições anaeróbicas (OYAMADA e KUWATSUKA, 1988). Além disso, a adsorção do herbicida é menor em solos com alta umidade do que em solos secos; logo, moléculas herbicidas tendem a permanecer na solução do solo por mais tempo e estão sujeitas à maior lixiviação, absorção pelas plantas e degradação microbiana.

Como já foi discutido anteriormente, características do solo como teor de carbono orgânico, pH, estrutura, umidade e população microbiana influenciam a interação dos herbicidas no ambiente edáfico, principalmente o sistema de manejo. Em áreas onde se faz um manejo de resíduos vegetais, como por exemplo uso de cobertura morta e plantio direto sobre a palha, o solo apresenta maior teor de carbono orgânico, é mais ácido, tem maior teor de umidade e maior atividade microbiana e é mais bem estruturado do que nas áreas de agricultura tradicional. Essas condições podem ser propícias à sorção da maioria dos herbicidas. Ademais, pelo fato de o solo não ser revolvido, ocorre menor interação do herbicida com o solo e, conseqüentemente, a sua diluição ao longo do perfil do solo será menor. Logo, em sistemas de plantio em que se conservam as características do solo, a probabilidade de o herbicida afetar a cultura sucedânea pode ser maior (WALSH et al., 1993; LOCKE e BRYSON, 1997).

No entanto, resultados de trabalhos realizados em sistemas de cultivo mínimo e de plantio direto são inconsistentes, observando-se ou não o efeito “carryover” do herbicida, independentemente do sistema de plantio adotado

(LOCKE e BRYSON, 1997; KELLS et al., 1990; GASTON et al., 1996b; BAUMAN e ROSS, 1983).

O efeito “carryover” pode ser diminuído ou eliminado, estabelecendo-se doses mínimas a serem aplicadas aos diferentes solos, de maneira a garantir nível semelhante de eficácia, com a segurança de menor risco ambiental.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em campo, na Estação Experimental da UFV, em Coimbra-MG, no período de agosto de 1999 a março de 2000, e um no sítio Bom Sucesso, localizado em Viçosa-MG, no período de março a junho de 2000. Foram também desenvolvidos bioensaios, em casa de vegetação, simultaneamente ao experimento de Viçosa.

3.1. Experimentos realizados em Coimbra

Em um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), fase terraço, foram realizados dois experimentos sequenciais, sendo o primeiro com a cultura do feijão e o segundo com a cultura do sorgo. As características físicas e químicas do solo, determinadas em amostra coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, encontram-se nos Quadros 1 e 2, respectivamente, e os dados de precipitação e temperatura do ar, referentes ao período experimental, encontram-se na Figura 1.

Quadro 1 - Resultados da análise física de amostra do solo^{1/}, coletada no local de instalação do experimento. Coimbra, 1999

Constituintes (%)			
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
36	17	12	35

^{1/} Classificação textural: franco-argilo-arenoso.

Quadro 2 – Resultados da análise química de amostra do solo, coletada no local de instalação do experimento. Coimbra, 1999 ^{1/}

Análise Química												
pH	M.O.	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m
	dag kg ⁻¹	-mg dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³				-----%	
5,4	3,58	14,6	74	0,0	2,3	0,7	2,60	3,19	3,19	5,79	55,1	0,00

^{1/} Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

pH em água, KCl e CaCl₂: relação 1:2,5.

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu: extrator Mehlich-1.

Al, Ca e Mg: extrator KCl - 1 mol L⁻¹.

H + Al : extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0.

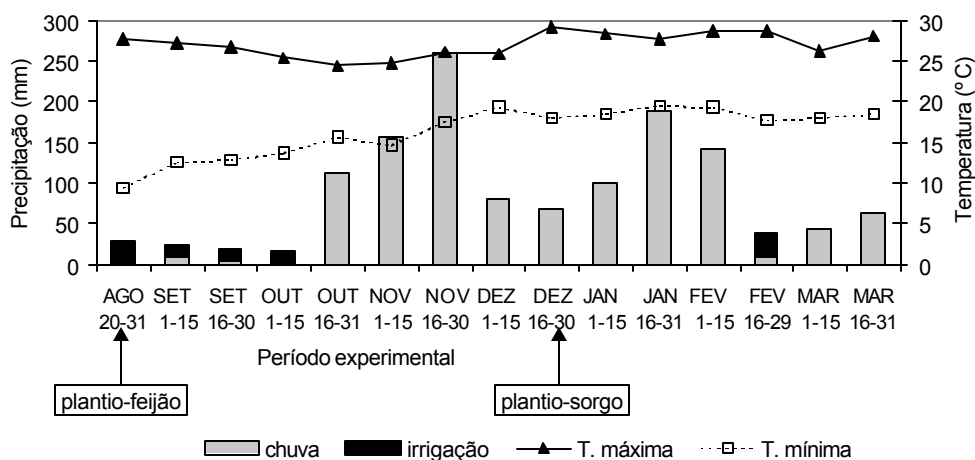


Figura 1 – Distribuição quinzenal da precipitação (chuva e irrigação) e das médias das temperaturas máxima e

mínima, durante o período de condução dos experimentos. Coimbra, 1999/00.

3.1.1. Eficiência e seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, na cultura do feijão

Foi feita a dessecação da vegetação que cobria o solo com a mistura glyphosate + 2,4-D ($1.080 + 670 \text{ g ha}^{-1}$) e, 15 dias após, o solo foi gradeado com grade destorroadora. Para a semeadura da variedade Pérola, em 20 de agosto de 1999, utilizou-se semeadora de plantio direto, distribuindo-se 15 sementes por metro de sulco, a uma profundidade de aproximadamente 4,0 cm, procurando-se obter uma população final de 300 mil plantas ha^{-1} . Foram feitas adubações no sulco de plantio com 700 kg ha^{-1} da formulação 4-14-8 e, em cobertura, 35 dias após, com 40 kg ha^{-1} de N, na forma de sulfato de amônio. Este experimento foi instalado segundo esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos primários (com capina e sem capina) e nas subparcelas os tratamentos secundários, mostrados no Quadro 3, no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

As capinas manuais foram feitas quando necessárias, procurando-se manter as parcelas com o mínimo de interferência de plantas daninhas sobre a cultura. A irrigação suplementar foi feita por aspersão.

Quadro 3 - Doses de fomesafen e de bentazon, isoladas e em mistura no tanque, e da mistura pronta de fomesafen + fluazifop-p-butil, utilizadas nos experimentos com a cultura do feijão em Coimbra e em Viçosa

TRATAMENTOS	Produto comercial (kg ou L ha ⁻¹)	Ingrediente ativo (g ha ⁻¹)
1. Testemunha sem capina	0	0
2. fomesafen ^{1/} *	0,25	62,5
3. fomesafen ^{1/} *	0,5	125
4. fomesafen ^{1/} *	0,75	187,5
5. fomesafen ^{1/} *	1,0	250
6. bentazon ^{2/} *	1,0	600
7. (fomesafen+bentazon) ^{3/} *	0,25 + 1,0	62,5 + 600
8. (fomesafen+bentazon) ^{3/} *	0,5 + 1,0	125 + 600
9. (fomesafen+bentazon) ^{3/} *	0,75 + 1,0	187,5 + 600
10. (fomesafen+bentazon) ^{3/} *	1,0 + 1,0	250 + 600
11. (fomesafen+fluazifop-p-butil) ^{4/}	0,8	200 + 160

^{1/} Flex; ^{2/} Basagran; ^{3/} Mistura no tanque; ^{4/} Mistura pronta denominada Robust.

*À calda de pulverização foi adicionado espalhante adesivo não-iônico (Energic) na concentração de 0,2% v/v.

As parcelas foram constituídas por oito fileiras de feijão, sendo quatro fileiras capinadas e quatro mantidas sem capina, para melhor observação do efeito de seletividade dos herbicidas ao feijão. Cada unidade experimental foi constituída por quatro fileiras de feijão, de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. Dessa forma, a área útil foi representada pelas duas fileiras centrais, descontando-se 0,5 m nas extremidades, totalizando 4,0 m².

Para aplicação dos herbicidas, 28 dias após o plantio, utilizou-se pulverizador costal, pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 3 kgf cm⁻², barra com quatro bicos Turbo TeeJet 110.03, a 40 cm de altura das plantas, pulverizando-se o equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda. A aplicação foi

realizada quando as plantas daninhas dicotiledôneas apresentavam-se com duas a quatro folhas, e as de feijão, com duas a três folhas trifolioladas.

Com o intuito de controlar as espécies gramíneas presentes na área para que o efeito dos herbicidas com ação sobre plantas daninhas de folhas largas fosse mais bem visualizado, foi aplicado o fluazifop-p-butil (150 g ha^{-1}) em toda a área experimental, uma semana após ministrados os tratamentos, com exceção em um dos tratamentos, onde se aplicou a mistura pronta Robust.

A principal espécie encontrada na área experimental foi *Bidens pilosa* (picão-preto). Em menor intensidade e com ocorrência desuniforme foram encontradas: *Artemisia verlotorum* (losna), *Cyperus rotundus* (tiririca), *Emilia sonchifolia* (falsa-serralha), *Galinsoga parviflora* (botão-de-ouro), *Ipomoea grandifolia* (corda-de-viola) e *Sonchus oleraceus* (serralha).

Foram realizadas avaliações da eficiência dos tratamentos no controle de *B. pilosa* aos 12, 28 e 47 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), utilizando-se escala visual de toxicidade (Quadro 4), e avaliação da cobertura do solo com esta espécie aos 12, 28, 47 e 76 DAT. Para amostragem de plantas daninhas, foi utilizado um quadro de 0,3 x 0,3 m, lançado duas vezes ao acaso, na área útil das parcelas. Após identificadas, separadas por espécie e contadas, as plantas daninhas foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar, a 70°C , até massa constante, para determinação da biomassa seca da parte aérea.

As plantas de feijão da área útil de cada unidade experimental foram colhidas quando aproximadamente 80% das vagens apresentavam coloração amarelada a “enferrujada” e 90% das folhas já haviam caído. Após a colheita, foram deixadas ao sol para que os grãos reduzissem o teor de umidade até aproximadamente 13%, a fim de facilitar o trilhamento e o armazenamento.

Na colheita, realizada 104 dias após o plantio, foram determinados a produtividade (kg ha^{-1}), a população de plantas ha^{-1} , o peso de 100 grãos, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o número de

grãos por planta. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para as avaliações de controle de *B. pilosa* e da cobertura do solo com essa espécie daninha, procedeu-se à análise descritiva.

Quadro 4 - Conceitos atribuídos à eficiência visual de controle de plantas daninhas, segundo a escala da ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS (ALAM, 1974)

Controle (%)	Conceito
0 - 40	Muito ruim
41 - 60	Ruim
61 - 70	Regular
71 - 80	Bom
81 - 90	Muito bom
91 - 100	Ótimo

Fonte: ASOCIACIÓN... (1974).

3.1.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo, em sucessão

Após a colheita do feijão, realizou-se a dessecação da vegetação da área experimental com a mistura glyphosate + 2,4-D ($1.080 + 670 \text{ g ha}^{-1}$), e 18 dias após abriram-se os sulcos e fez-se a semeadura manual do sorgo BRS 701, distribuindo aproximadamente 15 sementes por metro de sulco, a uma profundidade de 2,0 a 3,0 cm, visando população de $187.500 \text{ plantas ha}^{-1}$. A adubação de plantio foi de 450 kg ha^{-1} da formulação 4-14-8. As capinas manuais foram feitas quando necessárias, procurando-se manter as parcelas com o mínimo de interferência de plantas daninhas sobre a cultura. A irrigação suplementar foi feita por aspersão.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 11 tratamentos (Quadro 3) e quatro repetições, sendo as parcelas dispostas no mesmo local das do experimento de

feijão. Cada parcela experimental foi constituída por quatro fileiras de sorgo, de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,8 m. Dessa forma, a área útil de cada parcela foi representada pelas duas fileiras centrais, descontando-se 0,5 m nas extremidades, totalizando 6,4 m².

Aos 30 dias após o plantio (DAP) foram determinadas, na área útil das parcelas, a altura de cinco plantas de sorgo, medindo-se a região compreendida entre o nível do solo e o ponto de inserção da última folha com bainha visível, e a população de plantas ha⁻¹. As plantas de sorgo foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70⁰C, até massa constante, para determinação da biomassa seca. Aos 102 DAP, quando o sorgo estava no ponto de ensilagem, coletaram-se as plantas da área útil das parcelas, para determinação da produção de biomassa verde a ser ensilada. As variáveis população de plantas, altura de cinco plantas e biomassa seca da parte aérea de cinco plantas (aos 30 DAP) e população de plantas e produção de biomassa fresca (aos 102 DAP) foram submetidas a análises de variância.

3.2. Experimentos realizados em Viçosa

Foram realizados simultaneamente dois experimentos, sendo um no campo e outro em casa de vegetação.

3.2.1. Seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, para a cultura do feijão

Este experimento foi desenvolvido no sítio Bom Sucesso, localizado em Viçosa, em um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), fase terraço. As características físicas e químicas desse solo, determinadas em amostra coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, encontram-se nos Quadros 5 e 6, respectivamente. Os dados de precipitação e temperatura do ar, registrados no período experimental, encontram-se na Figura 2.

O feijão vermelho, comumente utilizado pelos produtores da região de Viçosa, denominado “sangue de boi” ou “sangue de burro”, foi semeado na área experimental após a colheita do milho para silagem, em 26 de março, com semeadora de plantio direto, distribuindo-se 15 sementes por metro de sulco, a uma profundidade de 4,0 cm. A adubação foi feita no sulco de plantio, com 250 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e 12 tratamentos, incluindo a testemunha capinada (Quadro 3). Cada parcela constituiu-se de quatro fileiras de feijão, com 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, com área útil de 4,0 m², composta pelas duas fileiras centrais, descontando-se 0,5 m nas extremidades.

Quadro 5 - Resultados da análise física de amostra do solo, coletada no local de instalação do experimento. Viçosa, 2000 ^{1/}

Constituintes (%)			
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
35	15	18	32

^{1/} Classificação textural: franco-argilo-arenoso.

Quadro 6 - Resultados da análise química de amostra do solo, coletada no local de instalação do experimento. Viçosa, 2000 ^{1/}

Análise Química												
pH	M.O.	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m
	dag kg ⁻¹	-mg dm ⁻³ -										
							cmol _c dm ⁻³				%	
5,9	5,72	54,4	62	0,0	4,4	1,5	3,00	6,08	6,08	9,08	67,0	0,00

^{1/} Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

pH em água, KCl e CaCl₂ relação 1:2,5.

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu: extrator Mehlich-1.

Al, Ca e Mg: extrator KCl - 1 mol L⁻¹.

H + Al : extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0.

A aplicação dos herbicidas foi realizada em 14 de abril, com pulverizador costal pressurizado a CO₂, com barra de quatro bicos Turbo TeeJet 110.03, mantidos a 40 cm de altura das plantas, com pressão constante de 3 kgf cm⁻² e volume de calda de 200 L ha⁻¹. A aplicação dos tratamentos foi realizada para avaliar a seletividade dos herbicidas sobre a cultura do feijão e seus efeitos residuais no solo sobre as plantas de sorgo usadas como plantas-teste. Não haviam plantas daninhas na área experimental que justificasse a avaliação da eficácia dos tratamentos no seu controle.

Foi coletada em 4 de julho, ao acaso, uma amostra de 10 plantas de feijão na área útil de cada parcela, para determinação do peso de 100 grãos, do número de vagens por planta e do número de grãos por vagem. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância.

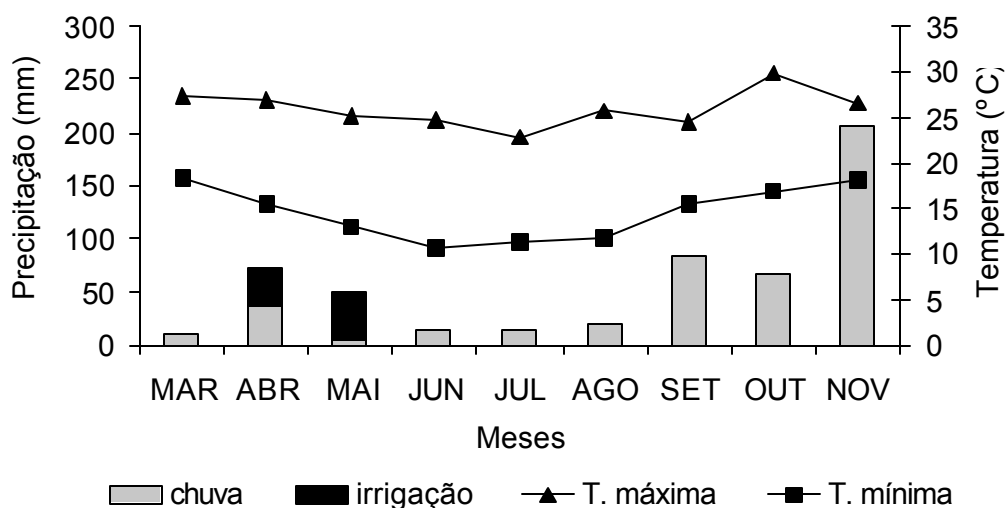


Figura 2 - Temperaturas máximas e mínimas médias mensais e distribuição mensal da precipitação (chuva e irrigação) no período de condução do experimento de feijão. Viçosa, 2000.

3.2.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo em sucessão

Na mesma área onde foi instalado o experimento anterior, foram coletadas amostras de solo referentes a todos os tratamentos, aos 0, 14, 28, 42, 63, 77 e 91 dias após aplicação dos herbicidas, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, para avaliar por meio de bioensaios, em casa de vegetação, a ação residual desses tratamentos sobre plantas de sorgo. Aos 133, 147, 161, 175, 194 e 204 dias após aplicação dos herbicidas, foram coletadas amostras de solo referentes às doses de 187,5 e 250 g ha⁻¹ de fomesafen, isoladas e em mistura com 600 g ha⁻¹ de bentazon, e à mistura pronta de 200 g ha⁻¹ de fomesafen + 160 g ha⁻¹ de fluazifop-p-butil, na profundidade de 0-5 cm. Essas amostras foram retiradas em dois pontos em cada parcela, misturadas e homogeneizadas, formando uma amostra composta para cada profundidade na parcela. Em casa de vegetação, as amostras foram destorroadas, peneiradas e colocadas em três vasos com capacidade para 300 mL, recobertos internamente com saco de polietileno. Procedeu-se, então, à semeadura de dez sementes por vaso de sorgo “BR 701”.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (11 mostrados no Quadro 3, mais a testemunha capinada) e quatro repetições, sendo cada repetição originada de três vasos. Durante a condução dos bioensaios, procurou-se manter a umidade do solo, nos vasos, próxima a 80% da capacidade de campo, por meio de irrigações diárias.

Aos 14 dias após a semeadura (DAS) foi feita a avaliação visual de toxicidade dos herbicidas às folhas das plantas de sorgo, utilizando-se uma escala em que 0% representava ausência de toxicidade e 100% morte da planta (Quadro 7). Aos 21 DAS, as plantas foram colhidas, sendo suas raízes lavadas em água corrente até a total retirada do solo. Em seguida, foram colocadas em estufa de ventilação forçada, para

determinação da biomassa seca. A partir do número de plantas emergidas em cada vaso, calculou-se a biomassa por planta da raiz e da parte aérea.

Os dados de biomassa foram transformados em valores percentuais em relação à testemunha, adotando-se para cada época valor referencial de 100%. Em seguida, eles foram submetidos à análise de variância. Após examinados os quadrados médios residuais das análises individuais de cada época, para cada variável, procedeu-se à análise conjunta dos dados, uma vez que a relação entre o maior e o menor quadrado médio foi inferior a sete. Foi feito o desdobramento da soma de quadrados da interação (épocas x herbicidas), no sentido de verificar apenas os efeitos residuais dos herbicidas entre épocas. Logo, para esse fator quantitativo, realizou-se a análise de regressão, a fim de ajustar modelos relacionando a biomassa seca da parte aérea (Bspa) e da raiz (Bsr) com as épocas de coletas.

Os critérios para a escolha das equações foram as significâncias dos modelos e dos parâmetros da regressão e a lógica biológica do fenômeno estudado. Tanto para a análise de variância quanto para a estimativa dos parâmetros da regressão utilizou-se o sistema estatístico SAEG (SAEG, 1997).

**Quadro 7 - Conceitos atribuídos à toxicidade de herbicidas,
segundo a escala adaptada do EWRC**

Toxicidade (%)	Interpretação
0 – 10	Nulo
11 – 20	Muito leve
21 – 30	Leve
31 – 60	Moderado
61 – 70	Forte
71 – 90	Muito forte
91 – 100	Morte

Fonte: FRANS (1972).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimentos realizados em Coimbra

4.1.1. Eficiência e seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, na cultura do feijão

Na Figura 3 são apresentados o número e a biomassa seca da parte aérea das plantas daninhas, por metro quadrado de solo, presentes na área experimental. *Bidens pilosa* foi a espécie predominante, com densidade igual a 919 plantas m⁻² de solo (Figura 3 - A, tratamento 1), o que equivale a 93,1% do total de plantas daninhas. As demais dicotiledôneas (“outras espécies”) representaram apenas 6,9% do total. Com relação à biomassa seca da parte aérea, *B. pilosa* contribuiu com 79,3% do total, ou seja, com 30 g m⁻² de solo (Figura 3 - B). Nesta figura já se observa a eficiência elevada de todos os herbicidas sobre essa espécie, uma vez que as reduções médias no número de plantas e na biomassa seca da parte aérea foram de 87,9 e 93,3%, respectivamente. De fato, o fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, em todas as doses avaliadas, assim como a mistura pronta Robust, foram altamente eficientes sobre *B. pilosa*, pois proporcionaram ótimo controle (superior a 91%) dessa espécie (Quadro 7), de acordo com a escala apresentada no Quadro 4. A cobertura do solo por *B. pilosa* era muito baixa, próxima a 0%, mesmo na avaliação realizada aos 76 DAT, por ocasião da colheita (Quadro 8).

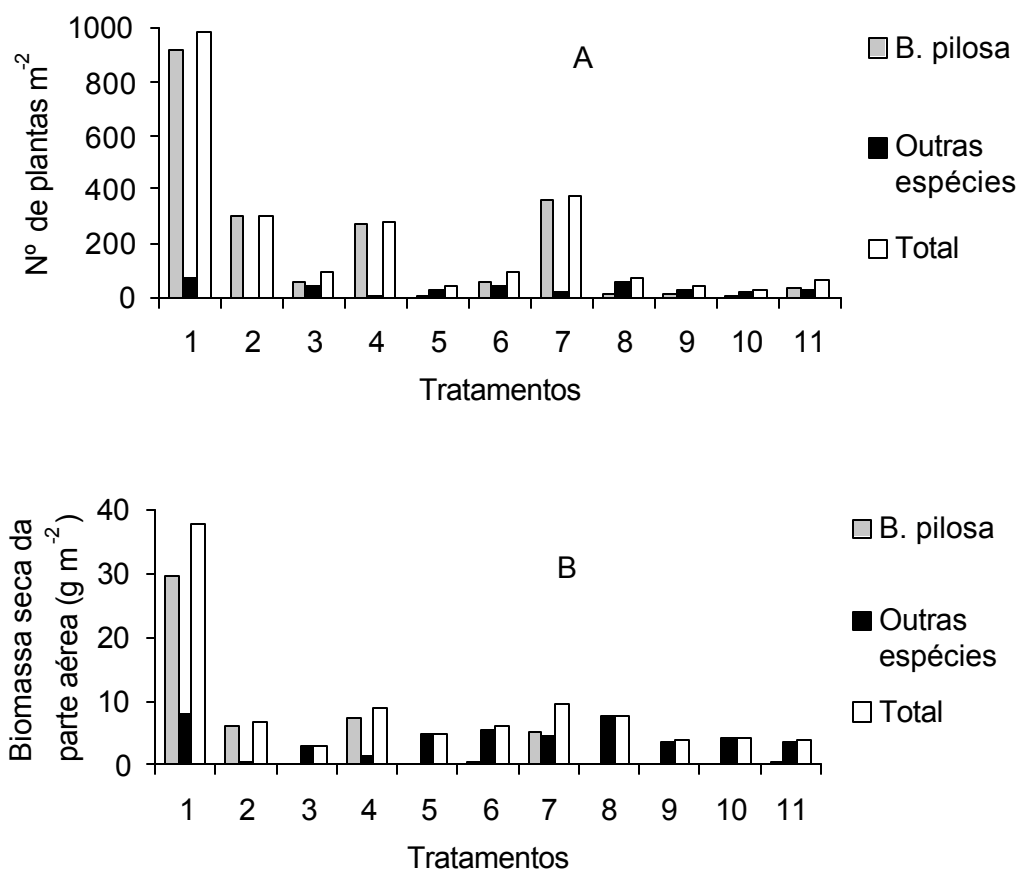


Figura 3 - Efeitos dos tratamentos sobre o número de plantas (A) e sobre a biomassa seca da parte aérea (B) de plantas de *B. pilosa*, de outras espécies dicotiledôneas e do total de plantas daninhas dicotiledôneas na área experimental, em avaliação realizada aos 12 dias após aplicação dos tratamentos. Os tratamentos (de 1 a 11) estão de acordo com o Quadro 7.

Quadro 7 - Eficiência dos tratamentos no controle de *B. pilosa* aos 12, 28 e 47 DAT (dias após aplicação dos tratamentos)

Tratamentos	Doses g ha ⁻¹	% de controle			Classificação (ALAM, 1974)
		12 DAT	28 DAT	47 DAT	
1. testemunha ^{1/}	0	0	0	0	Muito ruim
2. fomesafen ^{2/}	62,5	95	90	90	Ótimo
3. fomesafen ^{2/}	125	99	98	100	Ótimo
4. fomesafen ^{2/}	187,5	95	99	100	Ótimo
5. fomesafen ^{2/}	250	99	99,8	100	Ótimo
6. bentazon ^{3/}	600	99	98,3	100	Ótimo
7. (fomesafen+bentazon) ^{4/}	62,5 + 600	97	93,5	95	Ótimo
8. (fomesafen+bentazon) ^{4/}	125 + 600	100	100	100	Ótimo
9. (fomesafen+bentazon) ^{4/}	187,5 + 600	100	100	100	Ótimo
10. (fomesafen+bentazon) ^{4/}	250 + 600	100	100	100	Ótimo
11. (fomesafen+fluazifop-p-butil) ^{5/}	200 + 160	100	99	100	Ótimo

^{1/} Testemunha, aos 12 DAT, com 987 plantas daninhas m⁻² de solo, sendo 919 de *B. pilosa*; ^{2/} Flex; ^{3/} Basagran; ^{4/} Mistura no tanque; ^{5/} Mistura pronta denominada Robust.

Quadro 8 - Cobertura do solo com *B. pilosa* aos 12, 28, 47 e 76 DAT(dias após aplicação dos tratamentos)

Tratamentos	Doses g ha ⁻¹	Cobertura do solo (%)			
		12 DAT	28 DAT	47 DAT	76 DAT
1. testemunha	0	35	79	46,3	40
2. fomesafen ^{1/}	62,5	1,8	8,0	3,3	0,75
3. fomesafen ^{1/}	125	0,6	1,8	0	0
4. fomesafen ^{1/}	187,5	1,2	1,0	0	0
5. fomesafen ^{1/}	250	0,2	0,7	0	0,13
6. bentazon ^{2/}	600	0,7	1,6	0	0,30
7. (fomesafen+bentazon) ^{3/}	62,5 + 600	0,7	4,4	1,25	0,88
8. (fomesafen+bentazon) ^{3/}	125 + 600	0	1,8	0	0,38
9. (fomesafen+bentazon) ^{3/}	187,5 + 600	0	0,9	0	0,25
10. (fomesafen+bentazon) ^{3/}	250 + 600	0	0,2	0	0,38

11. (fomesafen+fluazifop-p-butil) ^{4/}	200 + 160	0	1,0	0	0,13
---	-----------	---	-----	---	------

^{1/} Flex; ^{2/} Basagran; ^{3/} Mistura no tanque; ^{4/} Mistura pronta denominada Robust.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos primários (com e sem capina), assim como também não se constataram diferenças significativas entre os tratamentos secundários (herbicidas) para as variáveis produtividade, população de plantas ha^{-1} , peso de 100 grãos e número de vagens por planta, de grãos por vagem e de grãos por planta (Quadro 9).

Esses resultados indicam que o fomesafen nas doses de 62,5, 125, 187,5 e 250 g ha^{-1} , isoladas ou em mistura com 600 g ha^{-1} de bentazon, e a mistura pronta fomesafen + fluazifop-p-butil (200 + 160 g ha^{-1}) foram seletivos para a cultura do feijão. ROZANSKI (1997) não observou sintomas de toxicidade à cultura do feijão quando foi aplicada a mistura pronta fomesafen + fluazifop-p-butil nas doses de 200 + 160, 225 + 180 e 250 + 200 g ha^{-1} e também quando se aplicaram 900 g ha^{-1} de bentazon. SANTOS (1991), ROZANSKI (1997) e COBUCCI (1996) verificaram seletividade à cultura do feijão quando foi utilizada a dose de 250 g ha^{-1} de fomesafen.

Nas condições em que este experimento foi realizado, o manejo de plantas daninhas (aplicação de herbicidas e capina manual) não contribuiu para obtenção de maiores produtividades, ou seja, as plantas daninhas não afetaram a produtividade da cultura. Contudo, apesar de a estatística não ter constatado “benefícios significativos” do manejo de plantas daninhas na cultura do feijão, algumas considerações sobre esses resultados (Quadro 10), principalmente do ponto de vista econômico, são oportunas. A presença dessas plantas na área

no momento da colheita pode diminuir o rendimento operacional dessa atividade, principalmente quando são plantas como *B. pilosa*, cujas sementes aderem-se facilmente às roupas e à pele, podendo até causar ferimentos nas mãos de quem realiza a colheita. Ademais, as plantas daninhas podem causar perdas adicionais na colheita, pelo fato de dificultarem a localização e a retirada do feijoeiro.

Quadro 9 - Resumo da análise de variância das variáveis PRO (produção), POP (população de plantas), PE100 (peso de 100 grãos), VAPL (nº de vagens/planta), GRVA (nº de grãos/vagem) e GRPL (nº de grãos/planta) e os respectivos coeficientes de variação, do experimento de feijão “Pérola” – Coimbra, 1999

Fontes de variação	G.L.	Quadrados Médios					
		PRO	POP	PE100	VAPL	GRVA	GRPL
Bloco	3	687.554,1	0,2107671E10	6,6240	22,5394	0,5330	479,1261
A	1	360.512,0 ^{ns}	0,1127557E10 ^{ns}	3,6045 ^{ns}	7,4473 ^{ns}	0,0555 ^{ns}	64,9466 ^{ns}
Resíduo (a)	3	137.415,0	0,3523674E10	0,8393	2,9127	0,1003	135,7145
B	10	184.393,2 ^{ns}	0,4508239E09 ^{ns}	3,6280 ^{ns}	7,2953 ^{ns}	0,3547 ^{ns}	126,5549 ^{ns}
A*B	10	128.249,0 ^{ns}	0,4400568E09 ^{ns}	3,7678 ^{ns}	14,9593 ^{ns}	0,6734 ^{ns}	188,6463 ^{ns}
Resíduo (b)	60	153.346,8	0,8091335E09	2,9869	8,5674	0,5068	141,0580
CV(%) parcela		15,17	9,07	3,48	14,12	7,55	23,30
CV(%) subparcela		16,02	13,74	6,57	24,21	16,96	23,75

^{ns} – Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A – c/capina e s/capina.

B – tratamentos herbicidas.

A*B – interação.

Quadro 10 - Médias da produtividade, população, peso de 100 grãos, número de vagens/planta, número de grãos/vagem e número de grãos/planta do feijão “Pérola”, nas parcelas com capina (CC) e sem capina (SC). Coimbra, 1999

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Variáveis					
		Produtividade - kg ha ⁻¹		População - plantas ha ⁻¹		Peso de 100 Grãos	
		CC	SC	CC	SC	CC	SC
testemunha	0	2.327,50	1.991,88	206.250	200.000	26,60	24,24
fomesafen	62,5	2.201,88	2.430,00	199.375	206.875	26,38	25,52
fomesafen	125	2.150,00	2.521,25	199.375	209.375	25,44	27,95
fomesafen	187,5	2.181,88	2.570,00	201.250	221.875	25,65	26,13
fomesafen	250	2.438,75	2.397,50	206.875	211.250	25,97	25,45
bentazon	600	2.630,00	2.588,75	223.750	204.375	26,78	27,64
(fomesafen + bentazon)	62,5 + 600	2.406,25	2.638,13	184.375	220.625	27,47	27,01
(fomesafen + bentazon)	125 + 600	2.186,25	2.666,25	210.625	224.375	25,83	26,62
(fomesafen + bentazon)	187,5 + 600	2.406,88	2.595,00	210.000	220.625	26,73	27,47
(fomesafen + bentazon)	250 + 600	2.445,00	2.561,88	195.000	187.500	25,57	27,15
(fomesafen + fluazifop-p-butil)	200 + 160	2.808,13	2.630,00	200.625	209.375	24,67	26,37
CV (%) – parcela		15,17		9,07		3,48	
CV (%) - subparcela		16,02		13,74		6,57	

Quadro 10 - Continuação

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Variáveis					
		Nº de vagens planta ⁻¹		Nº de grãos vagem ⁻¹		Nº de grãos planta ⁻¹	
		CC	SC	CC	SC	CC	SC
Testemunha	0	14,25	9,25	3,29	4,69	43,80	45,05
fomesafen	62,5	13,65	12,80	4,15	3,82	56,35	48,75
fomesafen	125	10,95	12,30	4,23	3,91	45,85	48,05
fomesafen	187,5	12,00	13,60	3,81	4,01	44,65	52,30
fomesafen	250	11,20	11,20	4,18	4,17	47,05	46,40
bentazon	600	10,40	13,80	4,56	4,45	47,55	60,50
(fomesafen+bentazon)	62,5 + 600	15,15	11,80	4,19	4,35	63,55	51,75
(fomesafen+bentazon)	125 + 600	9,45	12,40	4,54	4,23	42,75	51,95
(fomesafen+bentazon)	187,5 + 600	12,25	10,45	4,14	4,77	50,65	48,80
(fomesafen+bentazon)	250 + 600	13,95	12,75	4,45	3,65	61,20	46,25
(fomesafen+fluazifop-p-butil)	200 + 160	12,95	9,45	4,37	4,40	56,05	40,75
CV (%) – parcela		14,12		7,55		23,30	
CV (%) - subparcela		24,21		16,96		23,75	

Considerando os dados do presente experimento e os números apresentados no Quadro 11, verifica-se receita líquida adicional de R\$ 566,90 e R\$ 891,70 por hectare, para a capina manual e a aplicação de herbicida, respectivamente. Isso evidencia que plantas daninhas como *B. pilosa* causam prejuízos econômicos a essa atividade agrícola, tornando-se imprescindível o seu manejo.

Quadro 11 – Considerações econômicas sobre produtividade e manejo de plantas daninhas na cultura do feijão

Tratamentos	Produtividade ^{3/} (kg ha ⁻¹)	Acréscimo de produtividade em relação à testemunha sem capina			Receita bruta adicional ^{4/} -----R\$ ha ⁻¹ -----	Custo adicional	Receita líquida adicional
		Kg ha ⁻¹ 1	%	sc 60 kg			
Testemunha a sem capina	1.991,88	-	-	-	-	-	-
Testemunha a capinada ^{1/}	2.327,50	335,62	16,85	5,59	614,9	48,0 ^{6/}	566,9
Herbicidas ^{2/}	2.559,79	567,91	28,51	9,47	1.041,7	150,0 ^{5/}	891,7

^{1/} Tratamento testemunha da parcela com capina.

^{2/} Médias de todos os tratamentos com herbicidas, da parcela sem capina.

^{3/} Dados obtidos do Quadro 10.

^{4/} Cálculo baseado nos preços do feijão preto, comercializado no CEASA-MG Unidade Grande BH, em 27/11/01: R\$ 110,00 sc 60 kg. (Fonte: Departamento Técnico-CEASA/MG, 2001). Cotação do Dólar: R\$ 2,52.

^{5/} Considerou-se a aplicação do herbicida mais caro: Robust – 0,8 L ha⁻¹ (R\$ 140,00/L)

^{6/} Mão-de-obra: 4 dias/homens/ha (R\$ 12,00 por dia).

4.1.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo, em sucessão

Por meio dos Quadros 12 e 13, observa-se que não houve efeito significativo ($p>0,05$) dos tratamentos sobre a cultura do sorgo, uma vez que estes não influenciaram a população, a altura e a biomassa seca da parte aérea das plantas aos 30 dias após o plantio, nem a população e a produção final

Quadro 12 - Resumo da análise de variância das variáveis POP (população de plantas, aos 30 dias após o plantio - DAP), ALT (altura de cinco plantas, aos 30 DAP), BSPA (biomassa seca da parte aérea de cinco plantas, aos 30 DAP), POP C (população de plantas, por ocasião da colheita) e PROBF (produção de biomassa fresca, por ocasião da colheita) e os respectivos coeficientes de variação, do experimento de sorgo (híbrido BRS 701) cultivado em sucessão ao feijão – Coimbra, 2000

Fontes de variação	G.L.	Quadrados Médios				
		POP	ALT	BSPA	POP C	PROBF
Bloco	3	0,1958748E10 ^{ns}	12,90999 ^{ns}	103,0488 ^{ns}	0,1916430E10 ^{ns}	14,98748 ^{ns}
Tratamento	(10)	0,2691051E10 ^{ns}	21,98891 ^{ns}	30,46497 ^{ns}	0,2363459E10 ^{ns}	31,21864 ^{ns}
Resíduo	30	0,5999763E10	43,12998	59,46201	0,3462653E10	31,37251
CV (%)		35,62	6,53	18,28	31,05	14,32

^{ns}– Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 13 – Médias da população de plantas ha⁻¹ - POP, altura (cm) de cinco plantas - ALT e peso de biomassa seca (g) da parte aérea de cinco plantas de sorgo “BRS 701” - BSPA, aos 30 dias após o plantio, e da população de plantas ha⁻¹ – POP C e produção de biomassa fresca (t ha⁻¹) - PROBF, por ocasião da colheita. Sorgo cultivado em sucessão ao feijão. Coimbra, 2000

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Variáveis				
		POP	ALT	BSPA	POP C	PROBF
testemunha sem capina	0	250.000	99,45	40,14	229.688	40,70
fomesafen	62,5	185.938	96,60	38,89	156.250	35,84
fomesafen	125	223.438	103,00	44,07	195.313	40,50
fomesafen	187,5	196.875	101,10	45,00	209.375	41,96
fomesafen	250	221.875	98,90	38,84	187.500	35,41
bentazon	600	212.500	101,05	40,76	192.188	39,50
(fomesafen+bentazon)	62,5 + 600	190.625	99,65	46,63	171.875	39,94
(fomesafen+bentazon)	125 + 600	215.625	99,70	40,59	220.313	43,79
(fomesafen+bentazon)	187,5 + 600	206.250	99,05	40,58	154.688	35,41
(fomesafen+bentazon)	250 + 600	214.063	103,70	45,42	173.438	37,16
(fomesafen+fluazifop-p-butil)	200 + 160	275.000	108,00	43,21	193.750	40,01
CV (%)		35,62	6,53	18,28	31,05	14,32

de biomassa fresca destas. Isso indica que os herbicidas não deixaram resíduos no solo capazes de afetar a cultura em sucessão. Fatores como elevado teor de água no solo, assim como ocorreu durante o período experimental (Figura 1), características físico-químicas do solo e atividade dos microrganismos podem ter contribuído para a rápida degradação dos herbicidas, especialmente do fomesafen. Em condições de boa disponibilidade de água no solo, como ocorre em períodos de elevada precipitação ou com irrigações freqüentes, a degradação do fomesafen é acelerada, pois há aumento da atividade dos microrganismos, e estes usam o grupo amino da molécula do herbicida como seu aceptor de elétrons, ocorrendo a redução do grupo (OYAMADA e KUWATSUKA, 1988; JOHNSON e TALBERT, 1993; COBUCCI, 1996; COBUCCI et al., 1998).

4.2. Experimentos realizados em Viçosa

4.2.1. Seletividade do fomesafen, isolado e em mistura com bentazon, para a cultura do feijão

No Quadro 14 encontram-se os resumos das análises de variância das características avaliadas na cultura de feijão, em que se verifica que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos sobre o número de vagens e de grãos por planta e nem sobre o peso de 100 grãos. Comparando os valores médios observados para essas características (Quadro 15), entre as testemunhas com e sem capina, constata-se que não houve interferência de plantas daninhas sobre a cultura, devido à baixa infestação dessas plantas na área experimental. Ao se comparar a testemunha capinada com as doses de

fomesafen isoladas ou em mistura com bentazon, verificou-se que nem mesmo as doses mais altas (250 g ha⁻¹ de fomesafen e 250 g ha⁻¹ de fomesafen + 600 g ha⁻¹ de bentazon) afetaram a produção de grãos, ou seja, não houve toxicidade, evidenciando, assim, a seletividade desses herbicidas à cultura.

Quadro 14 - Resumos das análises de variância das características avaliadas na cultura do feijão “sangue de boi”. Viçosa, 2000

FV	GL	Quadrados Médios		
		Vagens/ Planta	Grãos/ Planta	Peso 100 grãos
Bloco	3	9,5836	139,7747	1,8009
Tratamento	11	3,0063 ^{ns}	109,8207 ^{ns}	2,1535 ^{ns}
Resíduo	33	2,6448	87,7078	2,8019
CV(%)		15,83	16,45	7,91

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 15 – Valores médios das características avaliadas na cultura do feijão “sangue de boi”, em função dos tratamentos. Viçosa, 2000

Tratamentos	Doses (g ha ⁻¹)	Variáveis		
		Vagens/ Planta	Grãos/ Planta	Peso 100 grãos
testemunha sem capina	0	10,25	54,28	20,28
fomesafen ^{1/}	62,5	11,73	62,53	20,32
fomesafen ^{1/}	125	10,95	58,33	20,00
fomesafen ^{1/}	187,5	8,80	50,23	21,39
fomesafen ^{1/}	250	10,40	56,58	21,54
bentazon ^{2/}	600	11,10	63,53	21,08
(fomesafen+bentazon) ^{3/}	62,5 + 600	10,80	62,28	21,48
(fomesafen+bentazon) ^{3/}	125 + 600	10,28	60,63	20,69
(fomesafen+bentazon) ^{3/}	187,5 + 600	10,58	59,13	21,36
(fomesafen+bentazon) ^{3/}	250 + 600	8,90	47,18	22,02

(fomesafen+fluazifop-p-butil) ^{4/}	200 + 160	9,78	51,38	22,47
testemunha capinada	0	9,70	57,20	21,42
Médias gerais dos tratamentos	-	10,27	56,94	21,17

^{1/} Flex; ^{2/} Basagran; ^{3/} Mistura no tanque; ^{4/} Mistura pronta denominada Robust.

Considerando a média geral incluindo todos os tratamentos (Quadro 15), o número de vagens e de grãos por planta e o peso de 100 grãos obtidos neste experimento foram de 10,27, 56,94 e 21,17 g, respectivamente. COBUCCI (1996), utilizando o cultivar Carioca, obteve os valores de 12,70, 57,79 e 21,50 g para essas mesmas características, considerando apenas a testemunha capinada, em experimento análogo, conduzido em Sete Lagoas-MG, na safra de 1992/93. A produtividade foi de 2.965,4 kg ha⁻¹.

Não há na literatura referências de trabalhos com o feijão “sangue de boi”; todavia, através de um cálculo com os componentes de rendimento, pode-se estimar a produtividade da seguinte maneira:

Produtividade (kg ha⁻¹) = pop x v/p x g/v x p1g
em que

Pop = população de plantas ha⁻¹;

V/p = número de vagens planta⁻¹;

G/v = número de grãos vagem⁻¹; e

P1g = peso de um grão, em gramas.

Dessa forma, admitindo uma população de 200.000 plantas ha⁻¹, tem-se:

Produtividade (kg ha⁻¹) = 200.000 x 10,27 x 5,54 x 0,21

Produtividade $\cong$ 2.390 kg ha⁻¹.

4.2.2. Efeito do fomesafen, aplicado isolado e em mistura com bentazon na cultura do feijão, sobre a cultura do sorgo, em sucessão

Verificou-se que o bentazon na dose de 600 g ha⁻¹, em todas as épocas e profundidades avaliadas, não causou toxicidade na parte aérea das plantas de sorgo (Quadro 16). COBUCCI (1996) observou que a aplicação de bentazon nas doses de 480, 960 e 1.440 g ha⁻¹ na cultura do feijão, em sistema de plantio convencional, não afetou a cultura do milho em sucessão, devido ao rápido processo de dissipação no solo e à sua seletividade para esta cultura. Apesar de não existir referência na literatura, pode-se inferir, a partir dos resultados encontrados no presente trabalho, que o bentazon não apresenta efeito tóxico ao sorgo plantado após a cultura do feijão. Ademais, segundo WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA - WSSA (1983) e GASTON et al. (1996a,b), o bentazon sofre rápido processo de degradação microbiana e, por isso, apresenta baixa persistência no solo.

Verificou-se que as plantas crescidas em vasos contendo amostras de solo provenientes da camada de 0-5 cm de profundidade, nos tratamentos com fomesafen, apresentaram sintomas de toxicidade na parte aérea (clorose internerval, seguida de necrose das folhas). No entanto, esses sintomas não foram observados na camada de 5-10 cm (Quadro 16), indicando que o fomesafen apresentou baixa mobilidade no solo, permanecendo na camada superficial. WEISSLER e POOLE (1982) e COBUCCI (1996) também observaram pouca mobilidade do fomesafen. O menor movimento vertical do fomesafen no solo se deve à sua maior adsorção à matéria orgânica e às cargas positivas dos óxidos de Fe e Al, variando de solo para solo, conforme as características físicas e químicas (WEBER, 1993b).

Aos 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) já não se observavam sintomas de toxidez causados pelas doses de 62,5 e 125 g ha⁻¹ de fomesafen, isoladas ou em mistura com bentazon, na camada de 0-5 cm (Quadro 16). Assim, cessaram-se as coletas de solo referentes a esses tratamentos, na profundidade de 0-5 cm, e também de todos os tratamentos na profundidade de 5-10 cm, aos 91 DAT.

Contudo, as doses de 187,5 e 250 g ha⁻¹ de fomesafen, isoladas ou em mistura com bentazon, e a mistura de fomesafen + fluazifop-p-butil (200 + 160 g ha⁻¹) continuaram provocando toxicidade nas plantas de sorgo. Observando a Figura 2, é possível encontrar uma explicação para essa toxicidade. Verifica-se que próximo aos 91 DAT a disponibilidade de água no solo era baixa. Essa condição

favorece o processo de sorção do fomesafen aos colóides do solo, ficando este não-disponível para ser absorvido pelas plantas, daí o fato de não mais se verificarem efeitos tóxicos na parte aérea das plantas de sorgo, mesmo para aquelas semeadas nos solos que receberam as doses mais altas (187,5 e 250 g ha⁻¹ de fomesafen, isoladas ou em mistura com bentazon). Com o passar do tempo, percebe-se que a umidade do solo foi aumentando, o que fez com que o herbicida fosse sendo liberado gradativamente para a solução do solo, e, assim, o produto foi absorvido pelas raízes do sorgo, mostrando os efeitos tóxicos em suas folhas. Aos 204 DAT esses efeitos eram praticamente nulos. SANTOS (1991), COBUCCI (1996) e COBUCCI et al. (1998) observaram degradação mais rápida do fomesafen com maior teor de umidade no solo. Esse último autor comenta, ainda, que na prática é muito comum a ocorrência de “carryover” de fomesafen nas bordas dos pivôs, onde geralmente são depositadas menores quantidades de água, e, provavelmente, o sistema radicular da cultura fica menos desenvolvido, permanecendo na camada de solo com maior teor do herbicida.

Dessa forma, como foi mencionado em Material e Métodos, para esses tratamentos foram coletadas amostras de solo até os 204 DAT (Quadro 16). No entanto, nenhum dos modelos (lineares e não-lineares) avaliados foi adequado para representação das médias de biomassas secas observadas. Logo, aplicou-se o teste de Dunnett para comparação entre a testemunha e os demais tratamentos, após os 91 DAT, verificando-se que, apesar de esses tratamentos continuarem provocando toxicidade nas plantas de sorgo após essa data, estas se recuperaram rapidamente (Quadros 17 e 18 e Figura 4), não afetando as biomassas secas da parte aérea e da raiz.

Procedeu-se, então, à análise conjunta dos dados de Bspa e Bsr, nas camadas de 0-5 cm (Quadro 19) e 5-10 cm (Quadro 20) de profundidade, para todos os tratamentos, e, constatada a significância ($p > 0,01$) da interação época de coleta *versus* tratamentos, desdobrou-se a soma de quadrados dessa fonte de variação. Assim, foram ajustadas equações de regressão relacionando a Bspa e Bsr de plantas de sorgo com a época de coleta (até os 91 DAT), nas camadas de 0-5 cm (Quadro 21) e 5-10 cm (Quadro 22), para cada tratamento.

A permanência deste herbicida na camada de 0-5 cm de profundidade foi verificada nas avaliações de biomassa seca da parte aérea (Bspa) e de biomassa seca da raiz (Bsr), mostradas no Quadro 19. Por meio do Quadro 20,

observa-se que, para a camada de 5-10 cm de profundidade, a interação épocas x tratamentos também foi significativa; no entanto, pelas equações ajustadas (Quadro 22), verificaram-se acúmulos de biomassas sempre superiores a 90 e 75% para Bspa e Bsr, respectivamente.

Quadro 16 - Médias e desvio-padrão da média da toxidez na parte aérea de plantas de sorgo, aos 14 dias após a semeadura, cultivadas em amostras de solo coletadas na profundidade de 0-5 cm, em diferentes épocas de amostragem, a partir da aplicação de herbicidas na cultura do feijão. Viçosa, 2000

Tratamentos (herbicida/dose - g ha ⁻¹)	Toxicidade ¹ (% em relação à testemunha)						
	0	14	28	42	63	77	91
Testemunha	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
fomesafen (62,5)	11,8 ± 8,1	13,3 ± 26,7	0,3 ± 0,7	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
fomesafen (125)	51,5 ± 44,2	64,3 ± 29,7	9,1 ± 7,4	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
fomesafen (187,5)	95,3 ± 3,6	59,3 ± 35,0	27,1 ± 14,7	10,3 ± 5,7	12,9 ± 14,0	12,7 ± 5,1	0,8 ± 1,5
fomesafen (250)	96,4 ± 1,5	96,7 ± 3,6	47,1 ± 21,5	67,8 ± 11,7	30,2 ± 36,5	9,5 ± 8,5	5,4 ± 10,8
bentazon (600)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	13,3 ± 4,1	0,6 ± 0,8	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
fomesafen + bentazon (125 + 600)	79,6 ± 10,7	37,5 ± 2,2	2,1 ± 1,5	2,1 ± 1,5	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	92,0 ± 1,6	80,3 ± 22,3	21,7 ± 9,8	7,5 ± 6,87	0,0 ± 0,0	3,1 ± 3,3	0,0 ± 0,0
fomesafen + bentazon (250 + 600)	96,8 ± 1,1	94,3 ± 7,2	64,2 ± 22,8	17,1 ± 12,4	17,9 ± 24,9	11,7 ± 21,1	0,8 ± 1,3
fomesafen + fluazifop-p-butil (160 + 200)	90,3 ± 4,3	96,8 ± 3,2	47,5 ± 32,0	61,3 ± 22,9	26,4 ± 19,8	37,9 ± 33,0	7,3 ± 8,2

Quadro 16 – Continuação

Tratamentos (herbicida/dose - g ha ⁻¹)	Toxicidade ¹ (% em relação à testemunha)					
	133	147	161	175	194	204
Testemunha	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
fomesafen (62,5)	-	-	-	-	-	-
fomesafen (125)	-	-	-	-	-	-
fomesafen (187,5)	14,6 ± 13,8	8,1 ± 6,8	24,8 ± 21,4	21,8 ± 18,1	4,8 ± 6,9	0,5 ± 0,4
fomesafen (250)	1,6 ± 1,3	56,7 ± 29,3	24,2 ± 28,7	22,7 ± 22,7	47,5 ± 40,2	12,1 ± 14,1
bentazon (600)	-	-	-	-	-	-
fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	-	-	-	-	-	-
fomesafen + bentazon (125 + 600)	-	-	-	-	-	-
fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	11,3 ± 13,4	52,6 ± 35,0	20,4 ± 15,4	17,1 ± 13,2	9,6 ± 12,0	0,0 ± 0,0
fomesafen + bentazon (250 + 600)	34,2 ± 30,9	55,6 ± 33,1	13,3 ± 18,0	14,2 ± 13,6	52,5 ± 14,0	19,2 ± 13,5
fomesafen + fluazifop-p-butil (200+160)	46,0 ± 24,8	68,8 ± 24,8	54,2 ± 9,1	50,0 ± 7,6	25,7 ± 28,5	2,3 ± 2,7

Quadro 17 - Médias de biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo (porcentagem em relação à testemunha), em diferentes épocas de amostragem, a partir da aplicação de herbicidas na cultura do feijão. Viçosa, 2000

Tratamentos	Biomassa seca da parte aérea						
	91	133	147	161	175	194	204
Dose - g há ⁻¹							
Testemunha	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
fomesafen (187,5)	97,78 ^{ns}	148,80 ^{ns}	100,96 ^{ns}	81,75 ^{ns}	109,31 ^{ns}	95,70 ^{ns}	100,06 ^{ns}
fomesafen (250)	83,48 ^{ns}	156,51 ^{ns}	71,93 ^{ns}	70,54 ^{ns}	120,48 ^{ns}	75,78 ^{ns}	96,18 ^{ns}
fomesafen+bentazon (187,5+600)	116,77 ^{ns}	140,48 ^{ns}	71,45 ^{ns}	102,97 ^{ns}	101,91 ^{ns}	84,46 ^{ns}	130,39 ^{ns}
fomesafen+bentazon (250+600)	81,64 ^{ns}	135,78 ^{ns}	70,73 ^{ns}	67,34 ^{ns}	107,69 ^{ns}	83,27 ^{ns}	98,09 ^{ns}
fomesafen+fluazifop-p-butil (200+160)	92,11 ^{ns}	133,86 ^{ns}	68,00 ^{ns}	54,09 ^{ns}	95,53 ^{ns}	84,25 ^{ns}	95,97 ^{ns}
CV (%)	10,02	9,06	22,97	31,10	17,24	17,79	21,36
DMS (%)	18,61	24,04	36,1	48,22	35,61	30,29	43,12

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Quadro 18 - Médias de biomassa seca da raiz de plantas de sorgo (porcentagem em relação à testemunha), em diferentes épocas de amostragem, a partir da aplicação de herbicidas na cultura do feijão. Viçosa, 2000

Tratamentos	Biomassa seca da raiz						
	91	133	147	161	175	194	204
Dose - g ha ⁻¹							
Testemunha	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
fomesafen (187,5)	94,19 ^{ns}	105,40 ^{ns}	89,94 ^{ns}	74,97 ^{ns}	94,67 ^{ns}	93,92 ^{ns}	103,36 ^{ns}
fomesafen (250)	92,74 ^{ns}	120,29 ^{ns}	66,35 ^{ns}	73,84 ^{ns}	108,89 ^{ns}	63,52 ^{ns}	93,81 ^{ns}
fomesafen+bentazon (187,5+600)	121,33 ^{ns}	106,69 ^{ns}	64,19 ^{ns}	79,24 ^{ns}	87,00 ^{ns}	85,86 ^{ns}	107,61 ^{ns}
fomesafen+bentazon (250+600)	88,61 ^{ns}	91,19 ^{ns}	67,67 ^{ns}	75,75 ^{ns}	75,97 ^{ns}	94,80 ^{ns}	91,95 ^{ns}
fomesafen+fluazifop-p-butil (200+160)	101,99 ^{ns}	84,42 ^{ns}	65,23 ^{ns}	73,76 ^{ns}	78,41 ^{ns}	73,33 ^{ns}	101,02 ^{ns}
CV (%)	9,88	18,95	27,44	17,58	20,89	23,60	15,23
DMS (%)	19,25	37,48	40,47	27,31	37,02	39,26	29,61

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Quadro 19 - Resumo da análise de variância conjunta das biomassas secas da parte aérea (Bspa) e da raiz (Bsr) de plantas de sorgo semeadas em amostras de solo coletadas na camada de 0-5 cm de profundidade, em função de diferentes tratamentos e épocas de avaliação. Viçosa, 2000

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Bspa	Bsr
Época (E)	6	22.786,36**	18.836,58**
Tratamentos (T)	10	5.538,729**	7.495,620**
E x T	60	1.513,484**	1.534,162**
Resíduo	231	213,286	274,744
CV(%)		16,38	19,41

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

Quadro 20 - Resumo da análise de variância conjunta das biomassas secas da parte aérea (Bspa) e da raiz (Bsr) de plantas de sorgo semeadas em amostras de solo coletadas na camada de 5-10 cm de profundidade, em função de diferentes tratamentos e épocas de avaliação. Viçosa, 2000

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Bspa	Bsr
Época (E)	6	2.062,568**	8.241,996**
Tratamentos (T)	10	1.297,544**	995,410 ^{ns}
E x T	60	399,999**	744,245**
Resíduo	231	219,274	394,788
CV(%)		13,66	19,10

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

^{ns} Não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 21 - Equações ajustadas e respectivos coeficientes de determinação das variáveis biomassa seca da parte aérea (Bspa) e biomassa seca da raiz (Bsr) de plantas de sorgo, em % em relação à testemunha, semeadas em amostras de solo coletadas na camada de 0-5 cm de profundidade, em função das épocas (X), para os diferentes tratamentos

Variáveis	Tratamentos (herbicida/dose - g ha ⁻¹)	Equações ajustadas	r ²
Bspa	fomesafen (62,5)	= 94,39	-
	fomesafen (125)	= 58,411 + 0,613*X	0,68
	fomesafen (187,5)	= 45,296 + 0,888**X	0,69
	fomesafen (250)	= 35,072 + 1,000**X	0,60
	bentazon (600)	= 103,71	-
	fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	= 109,98	-
	fomesafen + bentazon (125 + 600)	= 100,04	-
	fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	= 46,798 + 0,877**X	0,67
	fomesafen + bentazon (250 + 600)	= 29,116 + 0,908**X	0,69
	fomesafen + fluazifop-p-butil (200 + 160)	= 28,447 + 0,814**X	0,81
Bsr	fomesafen (62,5)	= 94,90	-
	fomesafen (125)	= 70,084 + 0,491*X	0,43
	fomesafen (187,5)	= 32,079 + 0,939**X	0,79
	fomesafen (250)	= 26,604 + 0,944**X	0,70
	bentazon (600)	= 110,55	-
	fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	= 104,49	-
	fomesafen + bentazon (125 + 600)	= 62,791 + 0,500*X	0,31
	fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	= 40,658 + 0,887**X	0,77
	fomesafen + bentazon (250 + 600)	= 18,010 + 1,056**X	0,81
	fomesafen + fluazifop-p-butil (200 + 160)	= 23,316 + 0,871**X	0,87

**, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 22 - Equações ajustadas e respectivos coeficientes de determinação das variáveis biomassa seca da parte aérea (Bspa) e biomassa seca da raiz (Bsr) de plantas de sorgo, em % em relação à testemunha, semeadas em amostras de solo coletadas na camada de 5-10 cm de profundidade, em função das épocas (X), para os diferentes tratamentos

Variáveis	Tratamentos (herbicida/dose - g ha ⁻¹)	Equações ajustadas	r ²
Bspa	fomesafen (62,5)	= 98,80	-
	fomesafen (125)	= 103,59	-
	fomesafen (187,5)	= 89,985 + 0,370**X	0,752
	fomesafen (250)	= 108,35	-
	bentazon (600)	= 95,146 + 0,380**X	0,776
	fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	= 119,39	-
	fomesafen + bentazon (125 + 600)	= 107,27 + 0,261*X	0,626
	fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	= 111,41	-
	fomesafen + bentazon (250 + 600)	= 108,61	-
	fomesafen + fluazifop-p-butil (200 + 160)	= 104,30	-
Bsr	fomesafen (62,5)	= 106,38	-
	fomesafen (125)	= 78,954 + 0,445**X	0,531
	fomesafen (187,5)	= 77,719 + 0,445**X	0,657
	fomesafen (250)	= 82,812 + 0,363*X	0,336
	bentazon (600)	= 96,632 + 0,445**X	0,503
	fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	= 76,065 + 0,632**X	0,765
	fomesafen + bentazon (125 + 600)	= 75,730 + 0,703**X	0,794
	fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	= 95,221 + 0,363*X	0,587
	fomesafen + bentazon (250 + 600)	= 101,25	-
	fomesafen + fluazifop-p-butil (200 + 160)	= 100,99	-

*** Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Considerando como crescimento relativo bom aquele acima de 80%, tanto para parte aérea como para raiz, observa-se pelo Quadro 23 que, mesmo em época com menor teor de água no solo, a cultura de sorgo pode ser implantada logo após a colheita do feijão, uma vez que a maior dose de fomesafen utilizada (250 g ha^{-1}), isolada ou em mistura com bentazon, já não mais afetava a produção de biomassa seca das plantas de sorgo aos 59 dias após a aplicação. Também COBUCCI (1996), em experimento com milho num sistema convencional de plantio, apesar de detectar resíduos de fomesafen (250 e 500 g ha^{-1}) no solo, até 232 DAT, observou que estes não afetaram a produção das biomassas secas da parte aérea e da raiz quando a semeadura foi feita aos 65 DAT. Todavia, SANTOS (1991) verificou que plantas de sorgo tiveram seu crescimento afetado até 100 dias após a aplicação de 250 g ha^{-1} de fomesafen.

Comparando esses resultados com os encontrados no presente trabalho, observa-se que no sistema adotado (plantio direto sem palha), o efeito “carryover” causado pelo fomesafen não foi mais pronunciado do que no sistema convencional de plantio. Isso pode ter ocorrido pelo fato de esse herbicida ser influenciado pelo pH do solo; assim, no caso do solo em questão, que apresentava pH de 5,9, o fomesafen estava em sua forma ionizada, a qual não é tão adsorvida aos colóides do solo quanto sua forma molecular. Nesse caso, essa característica pode ter sido mais importante no comportamento do herbicida no solo do que o sistema de plantio adotado. Além disso, diferenças no tempo de dissipação do herbicida podem ocorrer devido às características físicas e químicas que cada solo apresenta, aliadas às diferentes condições climáticas de cada região (WEBER, 1993a).

A mistura pronta fomesafen + fluazifop-p-butil ($200 + 160 \text{ g ha}^{-1}$) limita o plantio do sorgo até 65 dias após a sua aplicação. A maior ação residual dessa mistura pode ser devido a algum fator na sua composição, ou ainda ao fato de ser utilizado algum isômero diferente de fomesafen, já que não se tem verificado efeito “carryover” por fluazifop-p-butil. Seriam necessários mais estudos com essa mistura para se saber ao certo o que leva à sua ação residual.

Quadro 23 - Equações ajustadas e respectivos coeficientes de determinação das variáveis biomassa seca da parte aérea (Bspa) e biomassa seca da raiz (Bsr) de plantas de sorgo, em % em relação à testemunha, a 0-5 cm de profundidade, em função das épocas (X), para os diferentes tratamentos

Tratamentos (herbicida/dose - g ha ⁻¹)	Equações ajustadas	80% ^{1/}
Bspa		
fomesafen (62,5)	= 94,39	0 DAT
fomesafen (125)	= 58,411 + 0,613*X	35 DAT
fomesafen (187,5)	= 45,296 + 0,888**X	39 DAT
fomesafen (250)	= 35,072 + 1,000**X	45 DAT
bentazon (600)	= 103,71	0 DAT
fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	= 109,98	0 DAT
fomesafen + bentazon (125 + 600)	= 100,04	0 DAT
fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	= 46,798 + 0,877**X	38 DAT
fomesafen + bentazon (250 + 600)	= 29,116 + 0,908**X	56 DAT
fomesafen + fluazifop-p-butil (200+600)	= 28,447 + 0,814**X	63 DAT
Bsr		
fomesafen (62,5)	= 94,90	0 DAT
fomesafen (125)	= 70,084 + 0,491*X	20 DAT
fomesafen (187,5)	= 32,079 + 0,939**X	51 DAT
fomesafen (250)	= 26,604 + 0,944**X	57 DAT
bentazon (600)	= 110,55	0 DAT
fomesafen + bentazon (62,5 + 600)	= 104,49	0 DAT
fomesafen + bentazon (125 + 600)	= 62,791 + 0,500*X	34 DAT
fomesafen + bentazon (187,5 + 600)	= 40,658 + 0,887**X	44 DAT
fomesafen + bentazon (250 + 600)	= 18,010 + 1,056**X	59 DAT
fomesafen + fluazifop-p-butil (200+160)	= 23,316 + 0,871**X	65 DAT

** , * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

^{1/} Cálculos do número de dias após a aplicação dos tratamentos para se atingir crescimento relativo de 80%.

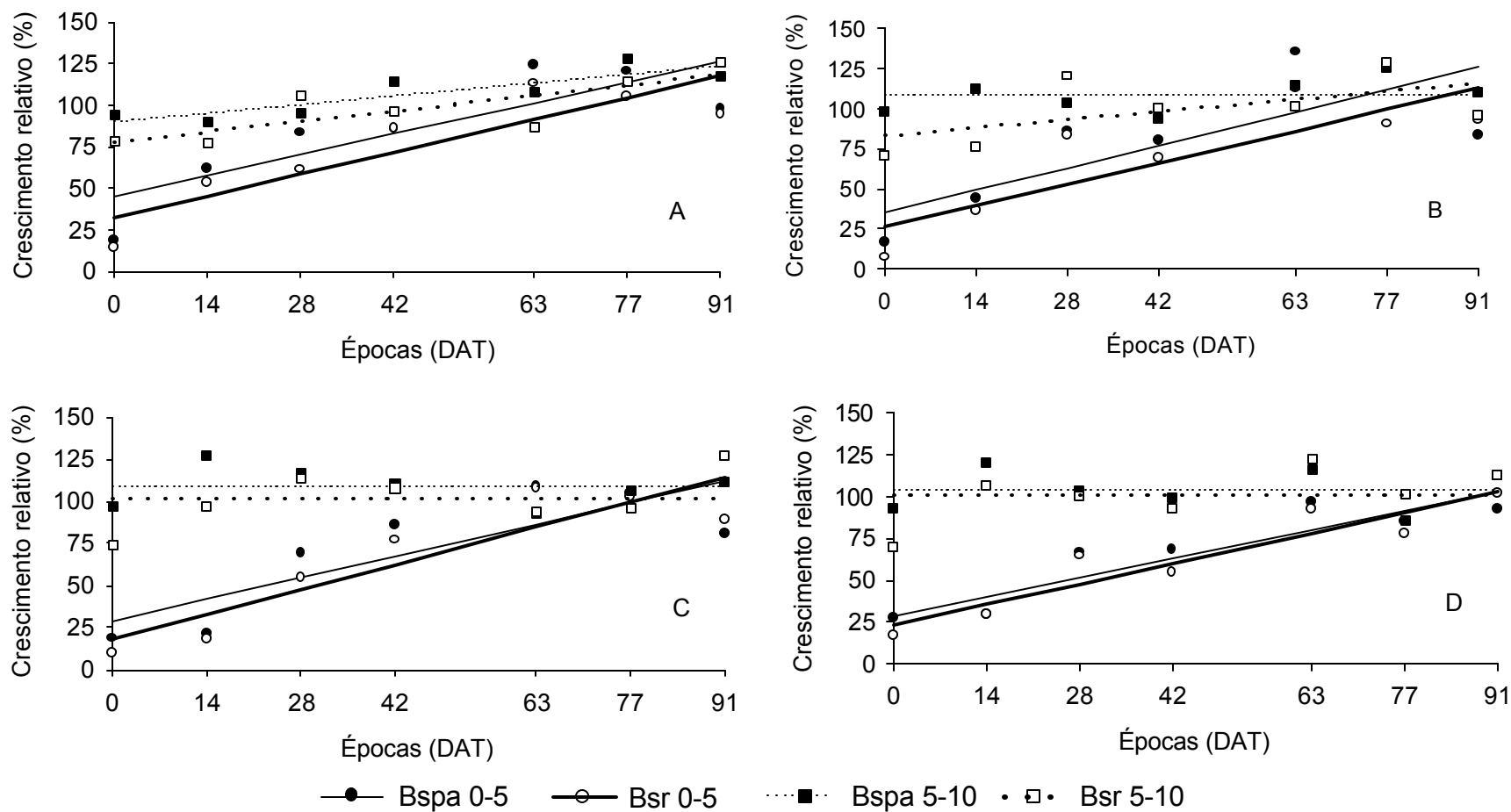


Figura 4 - Acúmulo de biomassa seca (% em relação à testemunha) da parte aérea e de raízes de plantas de sorgo, aos 21 dias após a semeadura, cultivadas em amostras de solo coletadas em duas profundidades, em função das épocas após a aplicação de fomesafen: 187,5 (A) e 250 g ha⁻¹ (B), fomesafen + bentazon: 250 + 600 g ha⁻¹ (C) e fomesafen + fluazifop-p-butil: 200 + 160 g ha⁻¹ (D) na cultura do feijão. Viçosa, MG, 2000.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi realizado um experimento em Coimbra, no sistema de cultivo mínimo, e outro em Viçosa, no sistema de plantio direto, com o objetivo de avaliar a eficiência e a seletividade do fomesafen (67,5; 125; 187,5; e 250 g ha⁻¹), isolado e em mistura com bentazon (600 g ha⁻¹), na cultura do feijão. Foi avaliada também a ação residual dos herbicidas sobre a cultura do sorgo, cultivada em sucessão. Para isso, em Coimbra, semeou-se sorgo logo após a colheita do feijão e, em Viçosa, coletaram-se amostras de solo referentes aos tratamentos, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, em várias épocas a partir da aplicação dos herbicidas na cultura do feijão, para realização de bioensaios em casa de vegetação, utilizando sorgo como planta-teste. Em sistema de cultivo mínimo, observou-se que: doses de fomesafen inferiores à recomendada para a cultura do feijão proporcionaram excelente controle de *Bidens pilosa*, todos os herbicidas, nas doses e misturas avaliadas, foram seletivos para essa cultura; e o sorgo cultivado imediatamente após a colheita do feijão não foi afetado pelos resíduos no solo dos herbicidas aplicados. Em sistema de plantio direto, verificou-se que: o bentazon não influenciou a ação residual do fomesafen; os resíduos do fomesafen permaneceram na camada de 0-5 cm de profundidade; e a cultura do sorgo pode ser implantada após a colheita do feijão, uma vez que aos 59 dias após a aplicação da maior dose de fomesafen não se observou efeito desse herbicida sobre as plantas de sorgo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E.N., CARVALHO, D.A. Controle de plantas daninhas. **Informe Agropecuário**, v.8, n.90, p.30-32, 1982.

APPLEBY, A.P. Factors in examining fate of herbicide in soil with bioassay. Weed Science, Champaign, v.33, p.2-6, 1985.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v.1, n.1, p.35-38, 1974.

BAUMAN, T.T., ROSS, M.A. Effect of three tillage systems on the persistence of atrazine. Weed Science, v.31, p.423-426, 1983.

BORÉM, A., CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG: Editora UFV, 1998. p.13-17.

BURNSIDE, O.C., SCHULTZ, M.E. Soil persistence of herbicides for corn, sorghum and soybean during the year of application. Weed Science, Champaign, v.26, n.2, p.108-115, 1978.

CARRINGER, R.D., WEBER, J.B., MONACO, T.J. Adsorption-desorption of selected pesticides by organic matter and

montmorilonite. Journal Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.23, n.3, p.568-572, 1975.

COBUCCI, T. Avaliação agronômica dos herbicidas fomesafen e bentazon e efeito de seus resíduos no ambiente, no sistema irrigado feijão-milho. Viçosa, MG: UFV, 1996. 106p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1996.

COBUCCI, T., PRATES, H.T., FALCÃO, C.L.M., REZENDE, M.M.V. Effect of imazamox, fomesafen, and acifluorfen soil residue on rotational crops. Weed Science, v.46, p.258-263, 1998.

CORBIN, F.T., UPCHURCH, R.P., SELMAN, F.L. Influence of pH on the phytotoxicity of herbicides in soil. Weed Science, Illinois, v.19, n.3, p.233-239, 1971.

COSTA, E.R. Efeito residual no solo de herbicidas derivados das imidazolinonas sobre as culturas de milho e sorgo. Viçosa, MG: UFV, 1997. 58p. Tese (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1997.

DEPARTAMENTO TÉCNICO – CEASA/MG. Boletim diário de preços [27/11/2001].

FERREIRA, F.A., SILVA, A.A., COBUCCI, T., FERREIRA, L.R. Manejo de plantas daninhas. In: VIEIRA, C., DE PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. Viçosa: UFV, 1998. p.325-355.

FRANS, R.E. Measuring plant response. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). Research methods in weed science [S.1.]: Southern Weed Science Society, 1972. P.28-41.

GASTON, L.A., LOCKE, M.A., WAGNER, S.C., ZABLOTOWICZ, R.M., REDDY, K.N. Sorption of bentazon and degradation products in two Mississippi soils. *Weed Science*, v.44, p.678-682, 1996a.

GASTON, L.A., LOCKE, M.A., ZABLOTOWICZ, R.M. Sorption and degradation of bentazon in conventional and no-till Dundee soil. *Journal Environmental Quality*, v.25, p.120-126, 1996b.

GOETZ, A.J., LAVY, T.L., GBUR JUNIOR, E.E. Degradation and field persistence of imazethapyr. *Weed Science*, Champaign, v.38, n.4/5, p.421-428, 1990.

HANCE, R.J. (Ed.). Interactions between herbicides and the soil. London: Academic, 1980. 349p.

HERBICIDE.RESISTANCE.ACTION.COMMITTEE – HRAC. **Classification of herbicides according to mode of action.** [29/01/2001]. (<http://www.plantprotection.org/hrac/moa2001.htm>).

HERMES, L.C. **Adsorção e mobilidade dos herbicidas 2,4-D e ametrina em solos do Estado de São Paulo.** Piracicaba-SP: ESALQ, 1991. 79p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1991.

HESS, F.D., WELLER, S.C. Inhibitors of protoporphyrinogen oxidase (diphenyl ethers and oxadiazon) . In: **HERBICIDE ACTION COURSE.** Purdue University: Indiana, 2000. p.225-243.

HESS, F.D., WELLER, S.C. Mode of action in photosystem II - photosynthesis inhibitors (triazines, ureas, substituted phenols). In: **HERBICIDE ACTION COURSE.** Purdue University: Indiana, 2000. p.168-186.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: jul./2001.** [14/09/2001]. (<http://www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>).

JOHNSON, D.H., TALBERT, R.E. Imazaquin, chlorimuron, and fomesafen may injure rotational vegetables and sunflower (*Helianthus annuus*). **Weed Technology**, Champaign, v.7, n.3, p.573-577, 1993.

KELLS, J.J., LEEP, R.H. TESAR, M.B., LEAVITT, R.A., CUDNOHUFISKY, J. Effect of atrazine and tillage on alfafa (*Medicago sativa*) establishment in corn (*Zea mays*) - alfafa rotation. Weed technology. v.4, p.360-365, 1990.

KLINGMAN, G.C., ASHTON, F.M. Weed science, principles and practices. New York, John Wiley, 1975. 413p.

LACA-BUENDIA, J.P., KAKIDA, J. Comportamento de herbicidas pós-emergentes na cultura do feijão, sob irrigação no Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 14, 1982, Campinas-SP. Resumos... Campinas, SBHPD, 1982. 31p.

LOCKE, M.A., BRYSON, C.T. Herbicide soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. Weed Science, Champaign, v.45, p.307-320, 1997.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas. Viçosa, MG: UFV, 1998. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1998.

OYAMADA, M., KUWATSUKA, S. Effects of soil properties and conditions on the degradation of three diphenylether herbicides in flooded soils. Journal Pesticide Science, v.13, p.99-105, 1988.

RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. Guia de Herbicidas. 4 ed., Londrina, 1998. 648 p.

ROZANSKI, A. Avaliação da eficiência do herbicida fluazifop-p-butil+fomesafen na cultura de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. Resumos... Caxambu, SBCPD, 1997. p.195.

SAEG. Sistema para Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas; versão 7.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernades, 1997.

SANTOS, J.G.M. Controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), no inverno. Viçosa, MG: UFV, 1991. 86p. Tese (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1991.

SILVA, A.A., FERREIRA, F.A., BRITO, S.A., SANTOS, J.G.M. Efeito residual do imazamox e do imazethapyr em latossolo roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis, SBCPD, 1995. p.326-7.

SILVA, A.A., SILVA, J.F., FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R., SILVA, J.F. Controle de plantas daninhas. Brasília: **ABEAS**. 2001. 202p. (Curso por Tutoria a Distância. Curso de Proteção de Plantas. Módulo, 3).

SILVA, N.G. **Eficiência de fomesafen e bentazon, isolados e em mistura com graminicidas, no controle de plantas daninhas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Viçosa, MG: UFV, 1988. 57p. Tese (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1988.

UETA, J., PEREIRA, N.L., SHUHAMA, I.K., CERDEIRA, A.L. **Biodegradação de herbicidas e biorremediação. Microrganismos degradadores do herbicida atrazina.** [18/11/2001]. (http://www.biotechnologia.com.br/bio/10_i.htm)

WALSH, J.D., DEFELICE M.S., SIMS, B.D. Influence of tillage on soybean (*Glycine max*) herbicide carryover to grass and legume forage crops in Missouri. **Weed Science**, v.41, p.144-149, 1993.

Web: <http://agri-sp.prodemge.gov.br/precos/bolproduto2resp.asp>.

WEBER, C.L., GEBHARDT, M.R., KERR, H.D. Effect of tillage on soybean growth and seed production. **Agronomy Journal**, v.79, p.952-956, 1987.

WEBER, J.B. Ionization and sorption of fomesafen and atrazine by soils and soil constituents. **Pesticide Science**, v.39, p.31-38, 1993a.

WEBER, J.B. Mobility of fomesafen and atrazine in soil columns under saturated na unsaturated flow conditions. **Pesticide Science**, v.39, p.39-46, 1993b.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA - WSSA. Herbicide handbook. 5. ed. Illinois, 515p, 1983.

WEISSLER, M.S., POOLE, N.J. Mobility of fomesafen and degradation products in soil columns. Report, Rj0241B. London: Imperial Chemicals Industry. 3p, 1982.

WITT, W.W. Response of weeds and herbicides under no-tillage conditions. In: **PHILLIPS R. E., PHILLIPS, S.H. (Eds.).** No-tillage agriculture principles and practices. New York, Van Nostrand Reinhold, p.152-170, 1984.