

SIUMAR PEDRO TIRONI

**INTERFERÊNCIA E CONTROLE QUÍMICO DE POPULAÇÕES DE *Brachiaria
brizantha* EM CANA-DE-AÇÚCAR**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

T597i
2011

Tironi, Siumar Pedro, 1983-
Interferência e controle químico de populações de
Brachiaria brizantha em cana-de-açúcar / Siumar Pedro
Tironi. – Viçosa, MG, 2011.
x, 73f. : il. ; 29cm.

Orientador: Marcio Henrique Pereira Barbosa.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Herbicidas. 2. Cana-de-açúcar – Doenças e pragas -
Controle. 3. Ervas daninhas. 4. Competição (Biologia). 5.
Hexazinone (Herbicida). 6. Ametryn (Herbicida).
7. Trifloxysulfuron-sodium (Herbicida). 8. Diuron
(Herbicida). 9. Nitrogênio. 10. Fósforo. 11. Potássio.
12. Cana-de-açúcar – Qualidade – Análise. 13. Sacarose.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 632.954

SIUMAR PEDRO TIRONI

**INTERFERÊNCIA E CONTROLE QUÍMICO DE POPULAÇÕES DE *Brachiaria
brizantha* EM CANA-DE-AÇÚCAR**

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

APROVADA: 15 de abril de 2011.


Prof. Antonio Alberto da Silva
(Coorientador)


Prof. Francisco Affonso Ferreira


Prof. Ignacio Aspiazú


D.Sc. Evander Alves Ferreira


Prof. Marcio Henrique Pereira Barbosa
(Orientador)

*Aos meus pais, Orides e Vilma Terezinha Tironi, e meus
irmãos, Clarice Batistella, Cleonice Signor e Hélivio Tironi,
pelo apoio e incentivo.*

Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por proporcionar esta oportunidade e por ter me concedido força de vontade para realizar este trabalho.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, Orides Tironi e Vilma Terezinha Tironi, que me educaram para que soubesse atribuir os devidos valores às conquistas.

A Universidade Federal de Viçosa, UFV, representada pelos professores e funcionários que colaboram para a formação pessoal do corpo discente. Principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, por me conceder a oportunidade de realização desse curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, por fomentar o trabalho e pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Márcio Henrique Pereira Barbosa, não somente pela excelente orientação, mas pelo incentivo, amizade e confiança.

Ao Prof. Antonio Alberto da Silva, pela coorientação, amizade, confiança e dedicação, estando sempre presente no desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Maurício Dutra Costa, pela coorientação, pela amizade, dedicação e disponibilidade, contribuindo e auxiliando no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Herbicida no Solo, pela amizade, pela disponibilidade e pelos aconselhamentos, os quais contribuíram diretamente no desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, a todos que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho e para minha formação, expresso meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

SIUMAR PEDRO TIRONI, filho de Orides Tironi e Vilma Terezinha Tironi, nasceu no município de Liberato Salzano, Rio Grande do Sul, em 29 de junho de 1983.

Em Novembro de 2001, formou-se Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia - SC.

Em Fevereiro de 2008, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS.

Em fevereiro de 2008 iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, submetendo-se a defesa de Dissertação em fevereiro de 2009. No mesmo ano iniciou o curso de Doutorado no programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em 15 de abril de 2011.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA	5
COMPETIÇÃO E NÍVEIS DE DANO ECONÔMICO PARA CONTROLE DE <i>Brachiaria brizantha</i> EM CANA-DE-AÇÚCAR	8
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
AGRADECIMENTOS.....	24
LITERATURA CITADA.....	24
COMPETIÇÃO POR MACRONUTRIENTES ENTRE CULTIVARES DE CANHA-DE-AÇÚCAR E POPULAÇÕES DE <i>Brachiaria brizantha</i>	28
RESUMO	28
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
AGRADECIMENTOS.....	38
LITERATURA CITADA.....	39

EFICIÊNCIA DE SUBDOSES DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE <i>Brachiaria brizantha</i> EM CANA-DE-AÇÚCAR	42
RESUMO	42
ABSTRACT	42
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
AGRADECIMENTOS.....	55
LITERATURA CITADA.....	55
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE HERBICIDAS.....	58
RESUMO	58
ABSTRACT	59
INTRODUÇÃO	59
MATERIAL E MÉTODOS	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
AGRADECIMENTOS.....	69
LITERATURA CITADA.....	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	72

RESUMO

TIRONI, Siumar Pedro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2011. **Interferência e controle químico de populações de *Brachiaria brizantha* em cana-de-açúcar**. Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Coorientadores: Antonio Alberto da Silva e Maurício Dutra Costa.

Visando a redução de custos de produção da cana-de-açúcar e do impacto ambiental causado pelo uso incorreto de herbicidas nessa cultura, realizou-se este trabalho, composto por quatro experimentos. No primeiro experimento foram avaliadas cultivares de cana-de-açúcar em convivência com diferentes populações de *Brachiaria brizantha*. Objetivou-se estabelecer o nível de dano econômico que é a densidade populacional de *B. brizantha* em que se justifica economicamente a realização do controle dessa espécie. No segundo, foram utilizados os mesmos tratamentos do primeiro, sendo avaliada a competição por macronutrientes entre as cultivares de cana-de-açúcar e as populações de *B. brizantha*. No terceiro, avaliou-se a eficiência do controle químico da *B. brizantha* em diferentes estádios vegetativos dessa espécie daninha. No quarto experimento foram avaliados os efeitos de herbicidas utilizados com maior frequência na cultura sobre a qualidade tecnológica e a produtividade de colmos. As perdas de produtividade de colmos devido à interferência da *B. brizantha* foram estimadas com eficiência pelo modelo da hipérbole retangular. A cultivar SP801816 apresentou maior e a RB867515 menor habilidade competitiva com a *B. brizantha*. O P foi o nutriente mais limitado no ambiente, com alteração nos teores foliares em todas as

cultivares quando em competição com as maiores populações de *B. brizantha*. O nível de dano econômico para controle da *B. brizantha* foi atingido com a população de 0,33, 0,46 e 0,66 planta por m² para as cultivares RB867515, RB72454 e SP801816, respectivamente. O controle da *B. brizantha* foi mais eficiente quando aplicados os herbicidas nas plantas mais jovens, podendo ser utilizada metade da dose recomendada da mistura dos herbicidas testados. No controle tardio, quando essa espécie encontra-se com um a quatro perfilhos, deve-se aumentar a dose dos herbicidas, sendo a dose econômica ótima estimada em 90% da dose recomendada. A qualidade tecnológica apresentou maior variabilidade entre as cultivares do que entre os tratamentos com herbicidas. Os herbicidas interferem diretamente na produção de colmos, e indiretamente na produção de açúcar, sendo que ametryn e sulfentrazone causaram maiores interferências negativas. A cultivar SP803280 foi a que apresentou a menor suscetibilidade aos herbicidas estudados.

ABSTRACT

TIRONI, Siumar Pedro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2011.
Interference and chemical control of populations of *Brachiaria brizantha* in sugarcane. Adviser: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Co-Advisers: Antonio Alberto da Silva and Maurício Dutra Costa.

Aiming to reduce production costs of sugarcane and the environmental impact caused by incorrect use of herbicides in this crop, this study took place, composed of four experiments. In the first experiment, sugarcane cultivars were evaluated in coexistence with different populations of *Brachiaria brizantha*. The objective was to establish the economic threshold level, which is the population density of *B. brizantha* that economically justified controlling this species. In the second trial, the same treatments were used as the first, assessing the competition for nutrients between sugarcane cultivars and the populations of *B. brizantha*. In the third, the efficiency of chemical control of *B. brizantha* at different vegetative stages of this weed was assessed. The fourth experiment evaluated the effects of herbicides used with greater frequency on the crop on technological quality and crop yield. Stalk productivity losses due to the *B. brizantha* interference were estimated efficiently by the hyperbolic model. The cultivar RB867515 showed higher and the SP801816 lower competitive ability with *B. brizantha*. Phosphorus was the most limiting nutrient in the environment, with changes in foliar levels in all cultivars when in competition with the highest populations of *B. brizantha*. The economic threshold level for *B. brizantha* control was reached with a

population of 0.33, 0.46 and 0.66 plants per m² for cultivars RB867515, RB72454 and SP801816, respectively. Control of *B. brizantha* was most effective when herbicides were applied on young plants, and half the recommended dose of the mixture of tested herbicides can be used. At late control, when this species has one to four tillers, the herbicide dose must be increased, being the estimated economic optimum dose 90% of the recommended dose. The technological quality showed greater variability among cultivars than among herbicide treatments. Herbicides interfere directly in the production of stems, and indirectly in the production of sugar, and ametryn and sulfentrazone caused higher negative interference. SP803280 was the cultivar that had the lowest susceptibility to the studied herbicides.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente há grande preocupação com o impacto ambiental causado pela utilização de combustíveis fósseis, por esse motivo estão sendo buscados combustíveis alternativos renováveis e com custo competitivo, destacando-se o biodiesel e o etanol. O Brasil é um grande produtor de etanol e possui potencial produtivo para suprir metade da demanda mundial desse produto, devido à disponibilidade de grande área agrícola, clima e tecnologia para a produção e industrialização da cana-de-açúcar. Essa cultura se destaca como melhor alternativa do ponto de vista econômico, energético e ambiental para a produção etanol (Andreoli & Souza, 2006).

A produtividade média da cana-de-açúcar está muito aquém do potencial produtivo (CONAB, 2010). Para aumentar essa produtividade deve ser realizado o manejo dos fatores que interferem na eficiência produtiva da cultura, como a interferência causada pelas plantas daninhas, que competem por água, luz, nutrientes e espaço. Essas plantas reduzem a quantidade e qualidade do produto colhido e também diminuem a longevidade do canavial (Kuva et al., 2003; Negrisoni et al., 2004; Galon et al., 2009a). Os danos causados pelas plantas daninhas, quando não controladas, podem ocasionar perdas de produtividade de, em média, 40% (Kuva et al., 2003). Todavia, essas perdas são variáveis dependendo das espécies, densidade populacional e época de interferência.

O método de controle mais utilizado para as plantas daninhas em canaviais é o químico, em função da praticidade, alta eficiência e baixo custo, se comparado aos demais métodos (Christoffoleti et al., 2006). No entanto, os herbicidas podem causar

efeitos negativos, tanto para a cultura quanto para o ambiente. Alguns herbicidas podem proporcionar elevada intoxicação à cana-de-açúcar, o que pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento das plantas (Ferreira et al., 2005).

De modo geral, os herbicidas mais utilizados para a cultura da cana-de-açúcar possuem elevada persistência e capacidade de lixiviação (Monquero, 2008; Queiroz et al., 2009), o que eleva o potencial de contaminação do solo e das águas (Mitchell et al., 2005; Palma et al., 2009; Tironi et al., 2009). Além disso, alguns herbicidas como o ametryn e 2,4-D podem promover a desequilíbrio do ecossistema edáfico. Esses podem afetar a diversidade microbiana e a atividade de enzimas do solo (Reis et al., 2008) e afetar a associação entre o sistema radicular da cultura e os fungos micorrízicos (Reis et al., 2009). A necessidade da utilização de herbicidas que apresentem elevada persistência no solo, em lavouras de cana-de-açúcar, é devida ao desenvolvimento inicial lento da cultura, o que torna longo o período em que essa deve permanecer livre da interferência das plantas daninhas para que sua produtividade não seja reduzida (Kuva et al., 2003).

Com isso, os herbicidas são utilizados para controlar a emergência das plantas daninhas por um longo período (Procópio et al., 2010), evitando novas aplicações. A aplicação desses herbicidas geralmente é realizada antes da emergência das plantas daninhas, de forma preventiva. Isso leva frequentemente a aplicações desnecessárias, uma vez que é difícil prever se haverá ocorrência de plantas daninhas que justifique economicamente essa prática. Desse modo, torna-se evidente que uma das formas de reduzir a utilização de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar é realizar a aplicação somente quando for necessário. Para isso, os herbicidas devem ser aplicados em pós-emergência das plantas daninhas, utilizando o conceito de nível de dano econômico (NDE), no qual são estimadas as populações de plantas daninhas que podem causar dano econômico a cultura, justificando o controle químico (Coble & Mortensen, 1992). Nesse caso, é possível utilizar herbicidas mais específicos para as espécies presentes na área, o que geralmente não é realizado no controle em pré-emergência, no qual são aplicados herbicidas isolados ou misturas que apresentam amplo espectro de ação para garantir o controle de várias espécies daninhas que podem se estabelecer na área.

A utilização do NDE para plantas daninhas tem sido limitada pela dificuldade em se estimar as perdas de produtividade das culturas, pois essas são influenciadas por vários fatores, tais como a diferente habilidade competitiva das espécies daninhas (Rigoli et al., 2008), a sua densidade populacional (Vidal et al., 2004), a época da

emergência em relação a cultura (Silva et al., 2009) e as cultivares, que podem apresentar habilidade competitiva diferenciada (Galon et al., 2007a). A interferência das espécies daninhas também pode apresentar diferença em relação às condições ambientais, pois em solos com menor disponibilidade hídrica e ou de nutrientes a competição é exercida com maior intensidade, nesse caso as plantas daninhas podem causar grande interferência na cultura mesmo em baixas densidades populacionais (Wagner et al., 2007). Desse modo, torna-se importante o conhecimento da habilidade competitiva das cultivares de cana-de-açúcar e das populações das principais espécies daninhas (Vidal et al., 2004; Galon et al., 2007a) em diferentes condições ambientais, para a previsão dos danos causados por uma comunidade infestante. Esses danos podem ser estimados por índices referentes a populações das plantas daninhas, como densidade populacional, massa seca, cobertura do solo e área foliar (Galon et al., 2007b).

Dentre as várias espécies daninhas infestantes de lavouras de cana-de-açúcar, se destacam aquelas pertencentes ao gênero *Brachiaria* (Oliveira & Freitas, 2008). Essas pertencem à mesma família botânica da cultura e possuem elevada habilidade competitiva devido às semelhanças morfofisiológicas. Kuva et al. (2003) observaram perda de produtividade de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de colmos de cana-de-açúcar para cada $3,7 \text{ g m}^{-2}$ de matéria seca acumulada por *B. decumbens*. Para o controle eficiente em pós-emergência dessas espécies nas lavouras de cana-de-açúcar pode ser utilizada a mistura de herbicidas (Carvalho et al., 2010).

Com a combinação de herbicidas que apresentam sinergismo pode-se utilizar menores doses, utilizando a dose econômica ótima (DEO), que é a menor dose que possibilita o controle eficiente das plantas daninhas, proporcionando maior retorno econômico, considerando o custo dos herbicidas e o ganho em produtividade com a aplicação desses (Rizzardi et al., 2004). Todavia, essa dose será variável, uma vez que é determinada em função das espécies e estádios de desenvolvimento das plantas e das condições climáticas e ambientais (Rizzardi et al., 2004; Romam et al., 2004). Segundo Devlin et al. (1991), as doses comerciais recomendadas pelo fabricante, usualmente, são fixadas para proporcionar o controle eficiente em ampla variação de condições ambientais e de manejo, embora o controle satisfatório da comunidade infestante frequentemente seja obtido com uso de doses abaixo daquelas normalmente recomendadas (Boström & Fogelfors, 2002).

A eficiência de um herbicida está relacionada com as condições climáticas, como velocidade do vento e umidade do ar e do solo no momento da aplicação (Romam

et al., 2004) e com as espécies daninhas e estágios de desenvolvimento das mesmas (Rizzardi et al., 2004). As subdoses de herbicidas podem ser utilizadas em condições ambientais adequadas e em plantas daninhas na fase inicial de desenvolvimento, principalmente em áreas com baixa infestação (Holm et al., 2000). Com a redução da dose, além de menor custo, o produtor poderá reduzir a intoxicação da cultura e a contaminação ambiental com esses produtos.

São poucos os herbicidas utilizados para o controle de plantas daninhas em pós-emergência para a cultura da cana-de-açúcar, destacando-se o MSMA, que algumas vezes é aplicado em mistura com herbicidas pré-emergentes (Silva et al., 2007). No entanto, essas misturas podem causar elevada intoxicação à cultura (Carvalho et al., 2005). Outros herbicidas utilizados em pré-emergência das espécies daninhas podem ser aplicados em pós-emergência inicial, como o ametryn, trifloxysulfuron-sodium, diuron, hexazinone, sulfentrazone entre outros (Agrofit, 2010). Acredita-se que a aplicação de subdoses de herbicidas com ação em pós-emergência pode ser eficiente, dependendo do estágio de desenvolvimento das plantas daninhas e dos fatores climáticos do momento da aplicação. A utilização de subdoses de herbicidas em pós-emergência da cultura pode trazer outros benefícios, como menores efeitos de intoxicação da cultura (Galon et al., 2009b), podendo ser reduzido o custo do controle e o impacto ambiental. Todavia, os herbicidas aplicados, principalmente após a emergência da cultura, podem causar efeitos tóxicos nas plantas, o que pode limitar a produtividade, ou até mesmo a qualidade da matéria prima, como a concentração de sacarose (Galon et al., 2009a). Os efeitos negativos na qualidade industrial dos colmos de cana-de-açúcar é variável dependendo do herbicida e das cultivares em questão (Galon et al., 2009a). Desse modo, deve-se conhecer tais efeitos sobre a qualidade da matéria prima das cultivares de cana-de-açúcar.

Com isso, objetivou-se avaliar a interferência de populações de *Brachiaria brizantha* na produtividade de cultivares de cana-de-açúcar, estimando-se o nível de dano econômico, seu controle em pós-emergência com subdoses de herbicidas, bem como seus efeitos na qualidade industrial dos colmos.

LITERATURA CITADA

AGROFIT, **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit>>. Acesso em: 19/05/2010.

ANDREOLI, C.; SOUZA, S.P. Cana-de-açúcar: A melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol. **Economia e Energia**, v.2, n.59, p.27-33, 2006.

BOSTRÖM, U.; FOGELFORS, H. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines. **Weed Science**, v.50, n.2, p.186-195, 2002.

CARVALHO, F.T.; CAVAZZANA, M.A.; GALBIATTI JÚNIOR, W. Eficácia do herbicida flazasulfuron no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar e seus efeitos no crescimento e produtividade da cultura. **Revista Brasileira de Herbicidas**. V.4, n.1, p.1-11, 2005.

CARVALHO, F.T. et al. Controle de dez espécies daninhas em cana-de-açúcar com o herbicida mesotrione em mistura com ametryn e metribuzin. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.585-590, 2010.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.83-90, 2006.

COBLE, H.D.; MORTENSEN, D.A. The threshold concept and its application to weed science. **Weed Technology**, v.6, n.1, p.191-195, 1992.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. 2010, 15p.

DEVLIN, D.L.; LONG, J.H.; MADDUX, L.D. Using reduced rates of post emergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.5, n.4, p.834-840, 1991.

- FERREIRA, E.A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.93-99, 2005.
- GALON, L. et al. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.697-707, 2007b.
- GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v.27, n.3, p.555-562, 2009a.
- GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v.27, n.esp., p.1083-1093, 2009b.
- GALON, L. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.709-718, 2007a.
- HOLM, F. A.; KIRKLAND, K. J.; STEVENSON, F.C. Defining optimum herbicide rates and timing for wild oat (*Avena fatua*) control in spring wheat (*Triticum aestivum*). **Weed Technology**, v.14, n.1, p.167-175, 2000.
- KUVA, M.A. et al. Período de interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maxilum*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.
- MITCHELL, C. et al. Sediments, nutrients and pesticide residues in event flow conditions in streams of the Mackay Whitsunday region, Australia. **Marine Pollut. Bull.**, v.51, n.1, p.23-36, 2005.
- MONQUERO, P.A. et al. Lixiviação de clomazone + ametryn, diuron + hexazinone e isoxaflutole em dois tipos de solo. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.685-691, 2008.
- NEGRISOLI, E. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.22, n.4, p.567-575, 2004.
- OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.33-46, 2008.
- PALMA, P. et al. Risk assessment of representative and priority pesticides, in surface water of the Alqueva reservoir (south of Portugal) using on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Environ. Int.**, v.35, n.3, p.545-551, 2009.
- PROCÓPIO, S.O. et al. Manejo de plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar Bionergia, açúcar e álcool – Tecnologias e Perspectivas**. Editora UFV – Viçosa-MG, p.181-215, 2010.
- QUEIROZ, S. N. C. et al. Comportamento do herbicida hexazinone em área de recarga do aquífero Guarani cultivada com cana-de-açúcar. **Quím. Nova**, v.32, n.2, p.378-381, 2009.

REIS, M.R. et al. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.323-331, 2008.

REIS, M.R. et al. Colonização micorrízica e atividade de fosfatases ácidas na rizosfera de cultivares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.27, n. esp., p.977-985, 2009.

RIGOLI, R.P. et al. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.93-100, 2008.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guanxuma em soja. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.117-125, 2004.

ROMAN, E.S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M.C.F.; LUIZ, A.R.M. influência do orvalho e volume de calda de aplicação na eficácia do glyphosate na dessecação de *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.479-482, 2004.

SILVA, A.A. et al. Herbicidas: Classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A.A. & SILVA, J.F. (Editores). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2007. 367p.

SILVA, A.C.; FREITAS, R.S.; FERREIRA, L.R.; FONTES, P.C.R. Acúmulo de macro e micronutrientes por soja e *Brachiaria brizantha* emergida em diferentes épocas. **Planta daninha**, v.27, n.1, p.49-56, 2009.

TIRONI, S.P. et al. Efeito de Herbicidas na Atividade Microbiana do Solo. **Planta Daninha**, v.27, n.esp., p.995-1004, 2009.

VIDAL, R.A. et al. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.63-69, 2004.

WAGNER, N.C. et al. Developing an empirical yield-prediction model based on wheat and wild oat (*Avena fatua*) density, nitrogen and herbicide rate, and growing-season precipitation. **Weed Science**, v.55, n.6, p.652-664, 2007.

COMPETIÇÃO E NÍVEIS DE DANO ECONÔMICO PARA CONTROLE DE *Brachiaria brizantha* EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

O manejo das plantas daninhas nos canaviais deve ser realizado de forma racional, levando em consideração a habilidade competitiva das cultivares e das espécies daninhas, podendo ser reduzido o custo de controle e o uso de herbicidas. Neste trabalho foi avaliada a interferência de populações de *Brachiaria brizantha* em cultivares de cana-de-açúcar, tendo como objetivo estimar o nível de dano econômico de *B. brizantha* em competição com as cultivares RB72454, RB867515 e SP801816. Para isso foi conduzido um experimento em condições de campo, onde as cultivares conviveram com diferentes densidades populacionais da espécie daninha. As perdas de produtividade de colmos, devido à interferência da *B. brizantha*, foram estimadas de modo satisfatório pelo modelo da hipérbole retangular, com melhor ajuste para a variável população de plantas da *B. brizantha*. Considerando valores médios das variáveis utilizadas no cálculo, o nível de dano econômico foi atingido com a população de 0,33, 0,46 e 0,66 planta por m² de *B. brizantha* para as cultivares RB867515, RB72454 e SP801816, respectivamente.

Palavras-chave: SP801816, RB867515, RB72454, *Saccharum* spp.

COMPETITION AND OF ECONOMIC THRESHOLD LEVELS FOR *Brachiaria brizantha* CONTROL IN SUGARCANE

ABSTRACT

Weeds management in the sugarcane fields must be done rationally, taking into consideration the competitive ability of cultivars and weeds, allowing reductions in control costs and herbicide use. In this study, it was evaluated the interference of populations of *Brachiaria brizantha* in sugar cane cultivars, with the objective of estimating the economic threshold level of *B. brizantha* in competition with the cultivars RB72454, RB867515 and SP801816. To this end, an experiment was conducted under field conditions, where the cultivars have coexisted with different densities of the weed species. The losses of crop yield due to the interference of *B. brizantha* were estimated satisfactorily by the hyperbolic model, with better fit for the variable population of *B. brizantha* plants. Considering the average values of the variables used for calculations, the economic threshold level was achieved with a population of 0.33, 0.46 and 0.66 plants per m² of *B. brizantha* for cultivars RB867515, RB72454 and SP801816, respectively.

Keywords: SP801816, RB867515, RB72454, *Saccharum* spp.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de seus derivados como açúcar e etanol. No entanto, a demanda mundial desses produtos é grande, tornando-se de grande importância econômica expandir a área cultivada e aumentar a produtividade da cana-de-açúcar.

Para aumentar a produtividade deve-se ter melhor controle de seus fatores limitantes, como a interferência ocasionada pelas plantas daninhas. Estas competem com a cultura pelos recursos do meio, tais como: água, nutrientes, espaço, luz entre outros fatores (Procópio et al., 2010) e limita em 46% a produtividade, em média, da cultura, quando não manejadas de modo adequado (Silva et al., 2009). Além disso, as plantas daninhas podem dificultar a colheita e reduzir a longevidade do canavial (Procópio et al., 2010).

Para o sucesso do manejo integrado das plantas daninhas em canaviais devem-se conhecer quais os danos causados por essas e também quais as práticas que elevam a

habilidade competitiva da cultura. Em ecossistemas agrícolas a cultura e as plantas daninhas possuem suas demandas por água, luz, nutrientes, espaço, CO₂ entre outros recursos do ambiente, sendo que a maioria das vezes, um ou mais desses recursos estão disponíveis em quantidade insuficiente para a cultura e as espécies daninhas, estabelecendo a competição (Radosevich et al., 1997).

A competição pode ser mais ou menos intensa dependendo de alguns fatores abióticos, como a disponibilidade de recursos (Wagner et al., 2007), e dos fatores bióticos inerentes das culturas e plantas daninhas, como a densidade populacional, estatura, arquitetura (Galon et al., 2007a), velocidade de germinação e estabelecimento da plântula (Paolini et al., 1998; Agostinetto et al., 2004), velocidade do crescimento e extensão do sistema radicular (Rizzardi et al., 2001), suscetibilidade às condições edafoclimáticas (solos poucos férteis e deficiência hídrica), época de emergência, pois as plantas que emergirem antes da competidora tendem a dominar o ambiente (Agostinetto et al., 2004), e a capacidade de produção e liberação de substâncias químicas com propriedades alelopáticas (Radosevich et al., 1997).

Os elevados danos ocasionados pelas plantas daninhas à cana-de-açúcar ocorrem em função dessa cultura apresentar baixa habilidade competitiva, em função do desenvolvimento inicial lento, fato que torna longo o período que a cultura necessita ficar livre da interferência das plantas daninhas, que varia entre 74 a 127 dias após a emergência da cultura (Kuva et al., 2003), dependendo das condições ambientais.

O método de controle mais utilizado para as plantas daninhas em canaviais é o químico, em função da praticidade, alta eficiência, baixos custos e rapidez, tendo em vista as extensas áreas de cultivo (Chistofolletti et al., 2006). Considerando o grande período que a cultura deve permanecer livre da interferência das plantas daninhas são, geralmente, utilizados herbicidas com longo efeito residual no solo para realizar o controle do fluxo de emergência das plantas daninhas na área, reduzindo o custo com novas aplicações de herbicidas.

Esses herbicidas são geralmente aplicados no solo antes da emergência das plantas daninhas. Nesse caso, é difícil prever se, em uma determinada área, haverá incidência dessas plantas em populações que causem danos a cultura, que justifique o custo da aplicação de um determinado herbicida. Considerando-se, também, que pode haver infestação de uma ou poucas espécies que podem ser controladas por herbicidas específicos, não se justifica a aplicação de herbicidas formulados ou misturas que

apresentam amplo espectro de controle, o que geralmente é realizado nas lavouras de cana-de-açúcar no Brasil.

A presença desses herbicidas, que persistem no solo por longo período, pode causar alguns desequilíbrios ambientais, como danos aos microrganismos presentes nesse ambiente (Reis et al., 2008) além de ocorrer a lixiviação desses produtos, que podem atingir os cursos hídricos (Monquero et al., 2008; Palma et al., 2009; Queiroz et al., 2009). Nesse caso ocorre elevado impacto ambiental aos organismos aquáticos ou aqueles que consomem a água contaminada, como observado por Hayes et al. (2002), que detectaram a possível influência do atrazine na diferenciação de sexo em rãs, induzindo algumas enzimas que levam a síntese e secreção anormal de estrogênios nesses animais, o que resulta em um número extremamente grande de fêmeas nas populações. Além dos impactos ambientais, o uso indiscriminado de herbicidas pode representar grande parte do custo de produção da cana-de-açúcar, reduzindo a margem de lucro do produtor.

Para racionalizar o uso de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar deve-se realizar o manejo integrado das plantas daninhas, com associação dos mais diversos métodos de controle. Nesse sentido, o método auxiliar ao controle químico pode ser o cultural, com a adoção de práticas agrícolas que favoreçam a competitividade da cana-de-açúcar em relação às plantas daninhas. Pesquisas envolvendo a capacidade competitiva de culturas *versus* plantas daninhas permitem desenvolver estratégias de manejo, que podem definir algumas práticas que proporcionam maior habilidade competitiva às espécies cultivadas em detrimento das competidoras, como a utilização de cultivares com maior habilidade competitiva (Rizzardi et al., 2004; Galon et al., 2007b; Fleck et al., 2008).

Dentre as espécies de plantas daninhas que comumente infestam a cultura da cana-de-açúcar estão algumas pertencentes ao gênero *Brachiaria* (Oliveira & Freitas, 2008). Essas causam elevada interferência na cultura, pois possuem algumas características morfofisiológicas semelhantes e, conseqüentemente, apresentam semelhantes exigências pelos recursos do meio. Para facilitar o uso de estratégias de manejo e identificar a necessidade de controle das espécies daninhas em lavouras podem-se utilizar modelos empíricos para estimar os danos causados pela interferência de uma população de plantas daninhas na produtividade das culturas.

Esses modelos descrevem a resposta da perda de produtividade da cultura em relação a uma ou mais variáveis que caracterizam a infestação das plantas daninhas. A

equação não linear da hipérbole retangular pode relacionar essas perdas com as variáveis explicativas como população, massa da matéria seca, cobertura do solo e área foliar das plantas daninhas (Galon et al. 2007a).

Sabendo quais variáveis podem ser utilizadas para estimar a perda de produtividade da cultura, podemos estimar, por meio de modelos, o nível de dano econômico (NDE), que é uma ferramenta que auxilia a tomada de decisão de controle das plantas daninhas (Agostinetto et al., 2005). Esse conceito preconiza a aplicação de herbicidas ou de outros métodos de controle somente quando os prejuízos causados pelas plantas daninhas forem iguais ou superiores ao custo da medida utilizada (Lindquist & Kropff et al., 1996; Agostinetto et al., 2005). Quando há elevada população de plantas daninhas competindo com as culturas, a tomada de decisão de controle é facilitada. No entanto, quando a população é baixa, a interferência causada pode não justificar economicamente o controle, tornando-se difícil de tomar a decisão. Sendo assim, é necessário realizar estudos que quantifiquem a habilidade competitiva das espécies e populações de plantas daninhas e realizem a análise econômica das perdas proporcionadas pelas mesmas.

O cálculo do NDE normalmente envolve o uso de equações de regressão ou funções de dano, as quais relacionam a perda de produtividade da cultura a algum indicador que quantifique a infestação das plantas daninhas, como a população de plantas ou massa da matéria seca (Weaver, 1991). O NDE varia também conforme o potencial de rendimento da cultura, do preço do produto, da eficácia e do custo do controle (Lindquist & Kropff, 1996).

Entre os vários fatores que influenciam na competição entre as plantas daninhas e as culturas, alguns podem ser influenciados pelas práticas de manejo, tais como: uso de cultivares com maior habilidade competitiva, densidade e arranjo de plantio, realização de adubação, entre outras práticas que podem favorecer o desenvolvimento da cultura em detrimento das espécies daninhas, aumentando a população das espécies daninhas necessárias para atingir o NDE (Agostinetto et al., 2005; Galon et al., 2007).

Nesse sentido, torna-se importante investigar a habilidade competitiva das cultivares de cana-de-açúcar, pois as características ecofisiológicas podem influenciar nessa característica, alterando o NDE e, conseqüentemente, na tomada de decisão de controle das plantas daninhas (Bauer & Mortensen, 1992). Neste trabalho avaliou-se a interferência de *Brachiaria brizantha* na produtividade de cultivares de cana-de-açúcar, tendo como objetivo avaliar os níveis de dano econômico de populações de *Brachiaria*

brizantha em competição com as cultivares de cana-de-açúcar RB72454, RB867515 e SP801816.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação experimental da Horta Nova, Departamento de Fitotecnia (DFT), pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, em um Argissolo Vermelho-Amarelo. O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em sistema de plantio convencional, com aração seguida de gradagens, com posterior sulcamento do solo na distância entre as linhas de 1,4 m. A adubação foi realizada no sulco de plantio, de acordo com resultados da análise do solo (Tabela 1) e seguindo as recomendações para a cultura, utilizando-se 500 kg ha⁻¹ da formulação NPK 8-28-16, mais 160 kg ha⁻¹ de KCl em cobertura. A densidade de plantio foi de 18 gemas por metro, sendo as mudas seccionadas em toletes de duas ou três gemas cada. O plantio foi realizado no mês de novembro, em sistema de cana de ano.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo (0 a 20 cm) na Estação Experimental da Horta Nova, DFT/UFV

Características químicas ¹												
pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC (T)	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³						%		dag kg ⁻¹	
6,0	7,4	168	4,2	0,7	0,0	4,46	5,33	5,33	9,79	54	0	2,4
Características físicas ¹												
Argila		Silte		Areia grossa		Areia Fina		Classificação textural				
%												
47		32		7		14		Argiloso				

¹ Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. pH: em água, relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: extrator KCl – 1 mol L⁻¹. H + Al: extrator acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0. SB: soma de bases trocáveis. CTC (t): Capacidade de troca catiônica efetiva. CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0. v: saturação de bases. m: saturação de alumínio. MO: matéria orgânica = C.org x 1,724 – Walkley-Black.

As unidades experimentais foram constituídas de seis linhas (8,4 m) com 5,0 m de comprimento, perfazendo área total de 42 m² e área útil de 22,4 m². Os tratamentos foram constituídos por populações de *B. brizantha* e três cultivares de cana-de-açúcar. As densidades médias de *B. brizantha* foram de: 0, 1, 3, 7, 15, 32, 32, 40, 64 e 72; 0, 1, 4, 10, 14, 18, 28, 30, 36, 52, 54 e 72; e 0, 1, 3, 6, 14, 20, 24, 26, 26, 32, 46 e 56 plantas por m², para as cultivares RB72454, RB867515 e SP801816, respectivamente.

As populações de *B. brizantha* foram obtidas pela semeadura, realizada 10 dias antes da emergência da cana-de-açúcar, na densidade proporcional a populações de

plantas desejadas com uma margem de segurança. Quando essas encontravam-se no estágio de duas folhas a um perfilho realizou-se o estabelecimento das populações. Para isso foram protegidas as populações desejadas de *B. brizantha* com copos de plástico para não sofrerem dano do herbicida MSMA (2,0 L ha⁻¹ - Volcane[®]), que foi aplicado em seguida, tendo o cuidado de não atingir diretamente as folhas mais jovens da cultura da cana-de-açúcar para não causar a intoxicação da mesma. As plantas daninhas não objeto do estudo foram controladas com 2,4-D (dicotiledôneas) ou arranque manual. Os herbicidas foram aplicados com uso de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, acoplado a barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização modelo TT110.02, distanciadas a 0,5 m, calibrado para aplicar 150 L ha⁻¹ de calda herbicida.

As avaliações de populações (PP), massa da matéria seca da parte aérea (MSA), área foliar (AF) e cobertura do solo (CS) das plantas de *B. brizantha* foram realizadas aos 60 dias após a emergência da cultura (DAE). A determinação da PP foi realizada pela contagem em duas áreas, escolhidas aleatoriamente, de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m). As plantas contidas nessa área foram coletadas rente ao solo para determinação da AF em determinador eletrônico. Em seguida esse material foi alocado em sacos de papel e acondicionado em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 5 C° até atingir massa constante para determinar a MSA. A CS foi avaliada visualmente por dois avaliadores, atribuído-se notas percentuais de zero (0%) a cem (100%), em que 0% significa ausência e 100% cobertura completa do solo.

A quantificação da produtividade de colmos foi realizada 12 meses após o plantio da cultura, pela contagem dos colmos presentes nas quatro linhas centrais e desconsiderando-se 0,5 m no início e final de cada parcela. Posteriormente foram cortados, aleatoriamente, 30 colmos de dentro da área útil de cada parcela e em seguida pesados. Com o peso médio de colmos e sabendo o número de colmos por área foi estimada a produtividade, extrapolando-se os valores para t ha⁻¹. Os dados de produtividade foram transformados em percentual em relação à parcela testemunha, que não conviveu com a espécie daninha.

As relações entre perdas percentuais de produtividade de colmos de cana-de-açúcar, em função das variáveis explicativas, foram calculadas separadamente para cada cultivar estudada, utilizando-se o modelo de regressão não linear derivada da hipérbole retangular, proposta por Cousens em 1985 (Equação I).

$$P_p = \frac{(i * X)}{(1 + (\frac{i}{a}) * X)} \quad \text{equação I}$$

em que: P_p = perda de produtividade (%); X = população de plantas (PP), massa seca da parte aérea (MSA), cobertura do solo (CS) ou área foliar (AF) da *B. brizantha*; i = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de *B. brizantha* quando o valor da população se aproxima de zero; e a = perda máxima de produtividade (%) com o aumento da população de *B. brizantha*.

O ajuste dos dados ao modelo foi realizado pelo procedimento *Proc Nlin* do programa computacional SAS (1989). Para o procedimento de cálculos utilizou-se o método de Gauss-Newton, o qual, por sucessivas iterações estima os valores dos parâmetros nos quais a soma dos quadrados dos desvios das observações, em relação ao modelo ajustados, é mínima.

O valor da estatística F ($p \leq 0,05$) foi utilizado como critério de análise dos dados ao modelo. Os critérios para o melhor ajuste da variável ao modelo basearam-se no maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e no menor valor do quadrado médio do resíduo (QMR). A população de plantas (PP) demonstrou ser o melhor indicador para a estimativa de perda de produtividade de colmos de cana-de-açúcar, e a partir desse foi calculado o nível de dano econômico (NDE) para as cultivares.

Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) utilizaram-se as estimativas do parâmetro i obtidas a partir da equação I e a equação adaptada de Lindquist & Kropff (1996) (Equação II):

$$NDE = \frac{(Cc)}{[R * P * (\frac{i}{100}) * (\frac{H}{100})]} \quad \text{equação II}$$

em que: NDE = nível de dano econômico (plantas por m^2); Cc = custo do controle (herbicida e aplicação tratorizada, em dólares ha^{-1}); R = produtividade de colmos de cana-de-açúcar ($t ha^{-1}$); P = preço dos colmos de cana-de-açúcar (dólares t^{-1} de colmos); i = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de *B. brizantha* quando o valor da variável se aproxima de zero; e H = nível de eficiência do herbicida (%).

Para as variáveis Cc , R , P e H (Equação II) foram utilizados três valores. Assim, para o custo de controle (Cc), considerou-se o preço médio de US\$ 95,00 ha^{-1} (3,0 kg ha^{-1} de herbicida Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) mais o custo da aplicação tratorizada), sendo o custo mínimo e máximo alterados em 25%, em relação ao custo

médio (US\$ 72,00 e US\$ 108,00). Para a produtividade de colmos de cana-de-açúcar (R) foi considerada a produtividade média de 95 t ha^{-1} (produtividade de primeiro corte) e variação de 20% para a menor e maior produtividade (76 e 114 t ha^{-1} de colmos). O preço pago pelos colmos de cana-de-açúcar (P) foi estimado a partir do valor obtido no final da safra de 2009 de US\$ 27,00 t^{-1} (R\$ 47,80 com o dólar a R\$1,77), considerando a variação de 20% para menor e maior preço (US\$ 20,00 e US\$ 34,00 t^{-1} de colmos). Os valores para a eficiência do herbicida (H) foram estabelecidos na ordem de 80, 90 e 100% de controle, sendo 80% o controle mínimo considerado eficaz da planta daninha.

Nas simulações de NDE utilizaram-se os valores intermediários para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis estudadas apresentaram ajuste significativo ao modelo da hipérbole retangular para as cultivares de cana-de-açúcar (Figuras 1 e 2 e Tabela 2).

A variável explicativa população de plantas (PP) apresentou ajuste adequado ao modelo da hipérbole retangular, sendo uma variável adequada para a estimativa de perda de produtividade de colmos de cana-de-açúcar. Essa variável apresenta algumas vantagens com relação às outras, como a facilidade, rapidez e baixo custo para a determinação (Figura 1A e Tabela 2).

Com relação a estimativa de produtividade, com base na população de plantas daninhas (PP), o parâmetro i do modelo de estimativa da perda de produtividade da cultivar RB867515 apresentou valor maior que as demais cultivares, demonstrando a maior interferência das populações da *B. brizantha* nessa cultivar (Figura 1A). Esse parâmetro é utilizado como índice para comparar a competitividade relativa entre as cultivares (Swinton et al., 1994), em que os maiores valores representam as cultivares que apresentam menor habilidade competitiva ou que apresentam maiores perdas de produtividade com o aumento de uma unidade de *B. brizantha*.

A cultivar SP801816 apresentou menores valores de i , com base na variável explicativa PP, indicando que essa cultivar apresenta maior habilidade competitiva com relação as demais cultivares estudadas, pois possui elevado vigor e grande capacidade de perfilhamento. A cultivar RB72454 apresentou valores intermediários. A habilidade competitiva diferenciada entre cultivares de uma espécie cultivada é uma característica comum, como observado para cultivares de arroz (Galon et al., 2007a). Até mesmo

algumas práticas de manejo, como de sistemas de adubação nitrogenada podem influenciar na habilidade competitiva de cultivares de arroz irrigado (Agostinetto et al., 2005).

O parâmetro a , do modelo da hipérbole retangular, representa a perda de produtividade quando a população das plantas daninhas é máxima, que determina as maiores perdas. Este parâmetro nos permite comparar as perdas de produtividade máxima entre as cultivares de uma determinada cultura (Agostinetto et al., 2005). Esse parâmetro foi menor (76,17) para a cultivar SP801816, evidenciando, mais uma vez, a menor perda de produtividade dessa cultivar quando em competição com a *B. brizantha*, quando as outras cultivares apresentaram valores superiores para esse parâmetro (Figura 1A).

A variável explicativa massa da matéria seca da parte aérea da planta daninha (MSPA) também apresentou significância utilizando o modelo da hipérbole retangular para prever a perda de produtividade de colmos das cultivares de cana-de-açúcar (Figura 1B e Tabela 2). Para essa variável, o parâmetro i apresentou os mesmos resultados comparativos indicados para a variável PP, em que a cultivar RB867515 apresentou menor e a SP801816 maior habilidade competitiva (Figura 1). O parâmetro a indica resultado similar ao encontrado com a PP, onde a cultivar SP801816 apresentou menor e a RB867515 maior perda de produtividade.

As variáveis massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e a área foliar (AF) da *B. brizantha* apresentaram baixo ajuste ao modelo para a estimativa da perda de produtividade da cultivar RB72454, pois apresentaram baixo R^2 e alto QMR (Tabela 2).

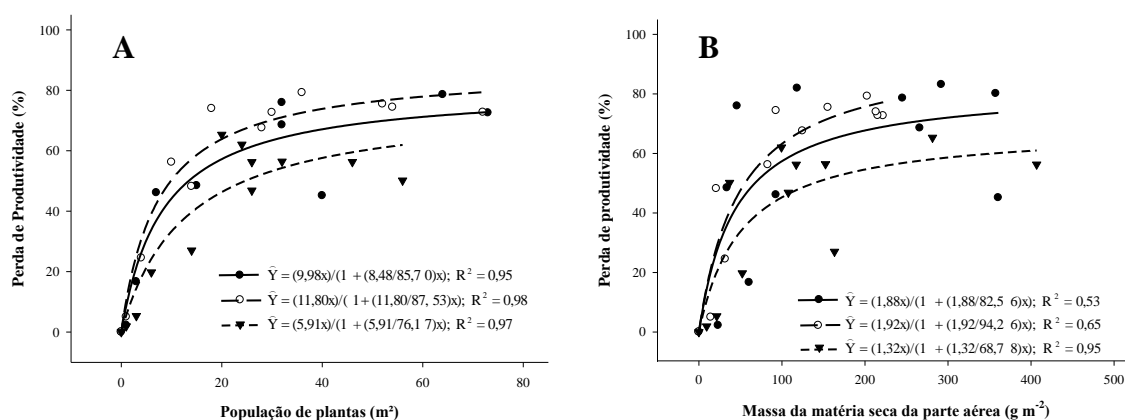


Figura 1. Perda de produtividade de colmos de cana-de-açúcar, em função da população (A) e da massa da matéria seca da parte aérea (B) da população de *Brachiaria brizantha* nas cultivares de cana-de-açúcar RB72454 (●),

RB867515 (○) e SP801816 (▼). Todas as equações foram significativas ($p < 0,05$).

Com relação às variáveis explicativas cobertura de solo (CS) e área foliar (AF) da *B. brizantha*, os resultados foram semelhantes aos observados para as demais variáveis, considerando que variáveis apresentaram menor ajuste ao modelo da hipérbole retangular, quando comparado à variável PP (Figura 2 e Tabela 2).

Com relação ao ajuste do modelo utilizando a CS como referência, avaliando o parâmetro i , observa-se mais uma vez os maiores valores para a cultivar RB867515 e menores para cultivar SP801816, com valores de 11,90 e 3,86 respectivamente.

Quanto ao parâmetro a , os valores apresentaram valores condizentes para a variável CS, onde foram observados os maiores valores para a cultivar RB72454 com 94,71% de perda, demonstrando, dessa vez, a maior perda de produtividade dessa cultivar em alta cobertura de solo da *B. brizantha*, e a cultivar SP801816 que apresentou menor perda de produtividade (Figura 2 e Tabela 2).

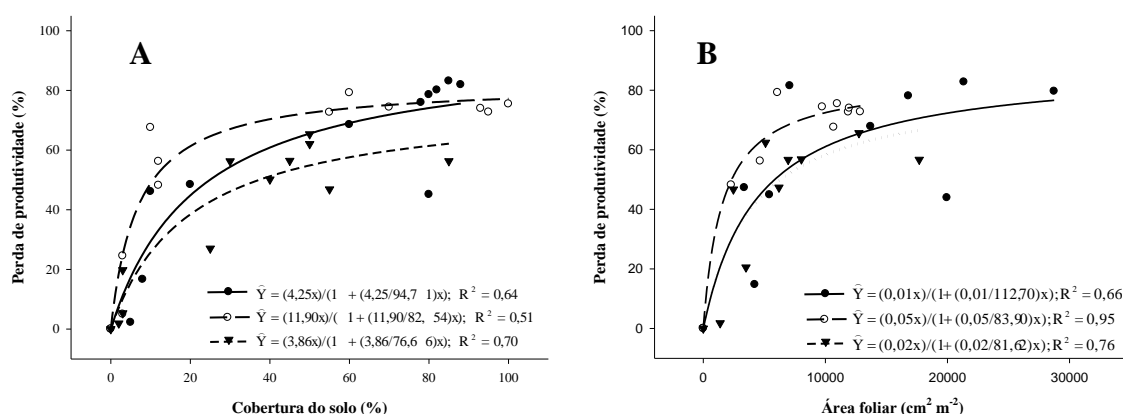


Figura 2. Perda de produtividade de colmos de cana-de-açúcar, em função da cobertura do solo (A) e área foliar (B) de *Brachiaria brizantha* nas cultivares de cana-de-açúcar RB72454 (●), RB867515 (○) e SP801816 (▼). Todas as equações foram significativas ($p < 0,05$).

Com base na AF, os valores do parâmetro i foram de 0,05 e 0,01 para as cultivares RB867515 e SP801816, evidenciando a menor habilidade competitiva da cultivar RB867515 e maior da cultivar SP801816. Segundo Ghersa & Holt (1995), os efeitos negativos da comunidade infestante em culturas decorrem tanto do aumento na densidade de plantas daninhas quanto da duração do período de interferência. Convém ressaltar que o grau de interferência exercido por plantas daninhas sobre uma cultura

depende, entre outros fatores, da espécie daninha presente, da sua densidade e também da cultivar da cultura (Fleck et al., 2008; Agostinetto et al., 2008).

Observou-se a superestimação do parâmetro a para a cultivar RB72454, seu valor foi de 112,7% de perda de produtividade (Tabela 2), o que biologicamente é impossível, visto que a perda máxima de produtividade é de 100%. Valores acima de 100% são facilmente encontrados para esse modelo, como observado por Galon et al. (2007) e Agostinetto et al. (2007). Esses resultados demonstram que os maiores valores de AF das plantas daninhas estudadas foram insuficientes para estimar adequadamente a perda máxima de produtividade. De acordo com Cousens (1991), para obtenção de estimativa confiável para o parâmetro a , torna-se necessário incluir no experimento populações muito elevadas de plantas daninhas, acima daquelas comumente encontradas em condições de lavoura. Nesse caso, a variável AF é pouco precisa para estimativa da perda de produtividade de colmos de cana-de-açúcar.

Tabela 2. Perda de produtividade de colmos de cana-de-açúcar em função das variáveis população, massa da matéria seca da parte aérea, cobertura do solo ou área foliar da *Brachiaria brizantha*

Cultivar	Parâmetros		QMR ^{2/*}	R ²
	i^V	a^V		
População de plantas				
RB72454	8,48 (±2,49)	87,70 (±7,12)	90,20	0,95
RB867515	11,80 (±2,51)	87,53 (±5,48)	43,22	0,98
SP801816	5,91 (±2,36)	76,17 (±14,73)	98,82	0,97
Massa da matéria seca da parte aérea				
RB72454	1,88 (±1,14)	82,56 (±16,22)	458,60	0,53
RB867515	1,92 (±0,58)	94,26 (±11,06)	106,20	0,65
SP801816	1,32 (±0,69)	68,78 (±14,79)	206,60	0,95
Cobertura do solo				
RB72454	4,25 (±1,63)	94,71 (±13,72)	159,30	0,64
RB867515	11,90 (±3,04)	82,54 (±5,26)	84,05	0,51
SP801816	3,86 (±1,72)	76,66 (±15,43)	78,86	0,70
Área foliar				
RB72454	0,01 (±0,01)	112,70 (±19,11)	502,00	0,66
RB867515	0,05(±0,01)	83,90 (±13,41)	142,10	0,95
SP801816	0,02(±0,01)	81,62 (±23,35)	255,40	0,76

¹ Valor obtido pelo modelo de regressão da hipérbole retangular (Cousens, 1985), seguido do erro padrão; ² quadrado médio do resíduo; *Significativo ($p < 0,05$).

A comparação entre as cultivares, considerando o parâmetro i de todas as variáveis explicativas estudadas (PP, MSPA, CS ou AF), demonstrou a maior habilidade competitiva da cultivar SP801816, seguida da RB72454 e da RB867515 (Tabela 2). As diferenças observadas entre os resultados das cultivares podem ocorrer

pelos melhores aproveitamentos dos recursos disponíveis no meio, principalmente a luz e nutrientes, considerando que a cultivar SP801816 apresenta, quando comparada com a cultivar RB867515, maior acúmulo de matéria seca na fase inicial de crescimento (Galon et al., 2009), apresentando assim maior habilidade competitiva.

A diferença da habilidade competitiva entre as cultivares pode estar relacionada com suas características intrínsecas. A baixa habilidade competitiva da cultivar RB867515 com a *B. brizantha* pode estar relacionada com a brotação inicial mais lenta e menor capacidade de perfilhamento quando comparada com a SP801816. De acordo com Fleck et al. (2003), culturas que apresentam baixa cobertura do solo permitem maior penetração de luz no dossel da comunidade e, conseqüentemente, menor competitividade com as plantas daninhas. As plantas que primeiramente se estabelecem na área apresentam vantagens competitivas em relação àquelas que se estabelecem posteriormente (Paolini et al., 1998).

A comparação entre as variáveis explicativas para todas as cultivares demonstrou melhor ajuste ao modelo para a variável PP, seguida da CS, da MS e da AF da *B. brizantha*, considerando os maiores valores médios do R^2 e aos menores valores médios do QMR (Tabela 2).

Com base no parâmetro i , a cultivar RB867515 foi a mais afetada negativamente com o incremento da população do competidor, com perdas de $11,8 \text{ t ha}^{-1}$ por unidade de *B. brizantha* por m^2 nas menores populações dessa espécie daninha. Por outro lado, a cultivar SP801816 foi a que demonstrou menor perda de produtividade, com perda de $5,91 \text{ t ha}^{-1}$ por unidade *B. brizantha* por m^2 . A cultivar RB72454 apresentou comportamento intermediário (Tabela 2).

As cultivares, devido às suas características intrínsecas, respondem de maneira diferenciada à competição de plantas daninhas (Fischer et al., 1997). Em estudo com arroz irrigado, Fleck et al. (2003) observaram que as cultivares que apresentam menor cobertura do solo proporcionaram maior penetração de luminosidade no dossel da cultura e menor competitividade com as plantas daninhas.

As estimativas do NDE foram realizadas com base na variável explicativa PP, e os valores estimados apresentaram variação entre as cultivares (Figuras 1 e 2). De forma geral, a cultivar mais influenciada pelas populações de *B. brizantha* foi a RB867515, na qual o NDE foi atingido com a menor população, sendo econômico realizar a prática de controle quando presente $0,33$ planta de *B. brizantha* por m^2 , considerando os valores intermediários de produtividade, custo de controle, preço de colmos e eficiência de

controle. Nessas mesmas condições, o NDE foi atingido com 0,46 e 0,66 planta por m² para as cultivares RB72454 e SP801816, respectivamente.

Esses resultados ressaltam a grande interferência dessa espécie nas cultivares de cana-de-açúcar. Os baixos valores de NDE são atribuídos à baixa habilidade competitiva da cultura, que é plantada com grande espaçamento entre linhas. Desse modo, o dossel da cultura demora para cobrir a superfície do solo, permitindo a entrada de luminosidade e o desenvolvimento das plantas de *B. brizantha*, que apresenta crescimento rápido e grande capacidade de perfilhamento (Kismman et al., 1999).

As plantas do gênero *Brachiaria* apresentam crescimento rápido e grande capacidade de competição, como observado para a *B. decumbens*, que promoveu a perda de produtividade de 1 t ha⁻¹ de colmos de cana-de-açúcar para cada 3,70 g m⁻² de matéria seca acumulada (Kuva et al., 2003).

Com o aumento da produtividade esperada, houve grande redução da população de *B. brizantha*, suficiente para atingir o NDE. Para aumento da produtividade de 76 para 114 t ha⁻¹ houve redução do NDE de 0,41 para 0,28, de 0,57 para 0,38 e de 0,82 para 0,55 planta de *B. brizantha* por m² para as cultivares RB867515, RB72454 e SP801816, respectivamente (Figura 1A). Com o aumento da expectativa de produtividade a lavoura deve ser menos influenciada pelos fatores do meio, como a competição com as plantas daninhas (Agostinetto et al., 2005). Os baixos NDE encontrados para a cultura da cana-de-açúcar deve-se à elevada produtividade da cultura, na qual a perda de menos de 4% da produtividade (considerando os valores intermediários) atinge o dano econômico que justifica o controle das plantas daninhas.

Resultado semelhante foi encontrado por Galon et al. (2007) ao estudarem o NDE do capim-arroz sobre o arroz irrigado, os quais concluíram que, mesmo quando o capim-arroz encontra-se em baixas densidades, há necessidade da adoção de alguma medida de controle em função da elevada competitividade dessa espécie daninha com o arroz irrigado.

O preço pago para os colmos produzidos também influencia no NDE, pois quanto maior o valor do produto, menor a população das plantas daninhas suficientes para atingir o NDE. Com a redução do preço pago pelos colmos em US\$ 14,00 (de US\$ 34,00 para US\$ 20,00) a população de *B. brizantha* necessária para atingir o NDE passou de 0,26 para 0,64 planta por m² para a cultivar RB867515 e de 0,52 para 1,27 planta por m² para cultivar SP801816 (Figura 1B). Esses resultados demonstram a grande variação do NDE com alterações do valor do produto colhido. Com o maior

valor pago pelos colmos, as perdas de produtividade representam maior importância econômica, justificando o controle das plantas daninhas quando essas interferem mesmo em baixo percentual a produtividade da cultura.

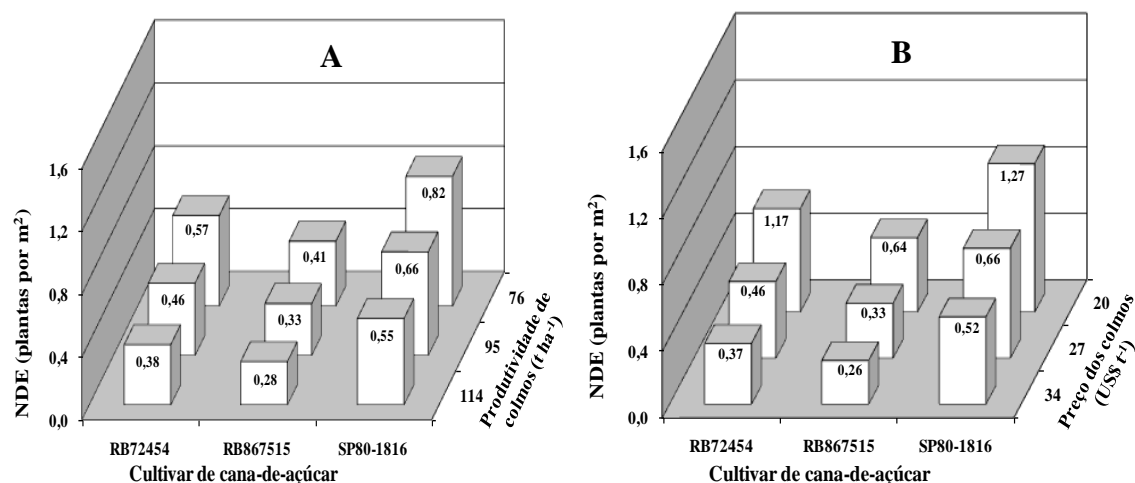


Figura 1. Nível de dano econômico (NDE) de populações de *Brachiaria brizantha* para cana planta em função da produtividade (A) e preço dos colmos (B) em cultivares de cana-de-açúcar.

Outra variável de grande relevância para a estimativa do NDE é o custo do controle das plantas daninhas que competem com as culturas, pois esse é o valor de referência. Caso os danos causados pelas plantas daninhas igualem-se ou sejam maiores que esse custo é estabelecido o NDE (Fleck et al., 2002).

Maior custo do controle da *B. brizantha* teve como consequência a necessidade de aumento da população dessa espécie para atingir o NDE. Quando o custo de controle passou de US\$ 72,00 para US\$ 108,00 (aumento de US\$ 36,00) observou-se incremento de 50% na população de *B. brizantha* necessária para atingir o NDE (Figura 2A).

A eficiência do método de controle das plantas daninhas também altera o NDE pois, se utilizado um método que apresenta menor eficiência, o NDE será atingido com uma população maior da espécie daninha (Galon et al., 2007). Com a simulação da utilização de herbicidas que apresentam a eficiência de controle de 80, 90 e 100%, observaram-se alterações nas populações de *B. brizantha* necessárias para atingir o NDE.

Considerando os valores médios das demais variáveis, com a variação da eficiência média do controle (90%) em relação à menor (80%) ou à maior (100%) eficiência, observaram-se alterações de aproximadamente 25% na populações de *B.*

brizantha para atingir o NDE, para todas as cultivares de cana-de-açúcar testadas. Com a maior eficiência do método de controle, o NDE é atingido com menor população de plantas competidoras.

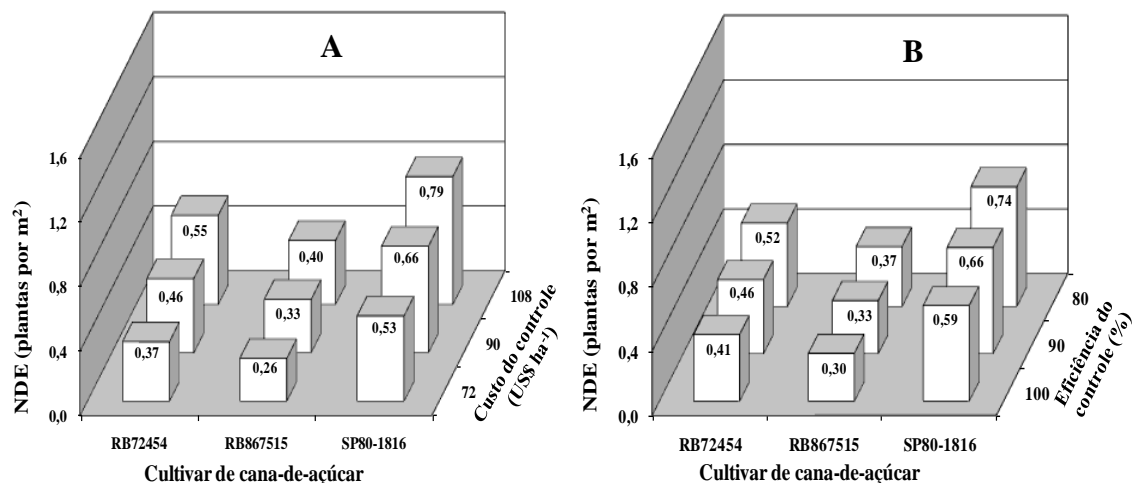


Figura 2. Nível de dano econômico (NDE) de populações de *Brachiaria brizantha* para cana-planta em função do custo (A) e eficiência do controle (B) em cultivares de cana-de-açúcar.

Os valores de NDE poderiam ser ainda menores caso fosse incluída a variável produção de sementes, pois uma pequena população de plantas daninhas pode produzir uma grande quantidade de sementes, que podem emergir e comprometer a produtividade de culturas nas safras seguintes. Desse modo, se considerada essa variável o NDE seria atingido com populações ainda menores de *B. brizantha* (Coble & Mortensen, 1992). Trabalhos propõem a estimativa do nível de dano econômico ótimo (NDEO) ao se considerar também a produção de sementes como variável (Bauer & Mortensen, 1992; Fleck et al., 2002).

O aumento do potencial de produtividade da cana-de-açúcar, no preço pago por tonelada de colmos ou na eficiência do herbicida e o menor custo de controle diminuíram o NDE para as três cultivares de cana-de-açúcar estudadas. Deste modo, em canaviais em que as estimativas de produtividade são altas, as plantas daninhas devem ser manejadas mais eficientemente, pois, quanto maior a produtividade, maior também o potencial de limitação da produtividade pelas plantas daninhas. Nesse caso, o NDE é atingido com menor população destas.

As perdas de produtividade de colmos da cana-de-açúcar devido à interferência da *B. brizantha* foram estimadas satisfatoriamente pelo modelo da hipérbole retangular.

A cultivar RB867515 apresentou menor e a SP801816 maior habilidade competitiva com as populações de *B. brizantha*. A variável PP de *B. brizantha* apresentou melhor ajuste ao modelo da hipérbole retangular para estimativa da perda de produtividade das cultivares de cana-de-açúcar RB72454, RB867515 e SP801816, em convivência com populações dessa espécie daninha. O NDE para *B. brizantha* variam em função das cultivares de cana-de-açúcar estudadas. Considerando valores médios, o NDE foi atingido com a população de 0,33, 0,46 e 0,66 planta de *B. brizantha* por m² para as cultivares RB867515, RB72454 e SP801816, respectivamente. A maior produtividade de colmos, o maior preço pago pelos colmos, a maior eficiência do herbicida e o menor custo de controle diminuem a população de *B. brizantha* necessária para atingir o NDE.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

LITERATURA CITADA

AGOSTINETTO, D. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.757-766, 2008.

AGOSTINETTO, D. et al. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.689-696, 2007.

AGOSTINETTO, D. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de genótipo simulador de arroz-vermelho em arroz irrigado. **R. Bras. Agrocência**, v.11, n.2, p.175-183, 2005.

AGOSTINETTO, D. et al. Perdas de rendimento de grãos na cultura de arroz irrigado em função da população de plantas e da época relativa de emergência de arroz-vermelho ou de seu genótipo simulador de infestação de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p. 175-183, 2004.

BAUER, T. A.; MORTENSEN, D. A. A comparison of economic and economic optimum thresholds for two annual weeds in soybeans. **Weed Technol.**, v. 6, n.1, p.228-235, 1992.

CARDINA, J.; REGNIER, E.; SPARROW, D. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) competition and economic thresholds in conventional and no-tillage corn (*Zea mays*). **Weed Sci.**, v.43, n.3, p.81-87, 1995.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.83-90, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha**, v.14, n.1, p.42-47, 1996.

COBLE, H.D.; MORTENSEN, D.A. The threshold concept and its application to weed science. **Weed Technol.**, v.6, n.1, p.191-195, 1992.

COUSENS, R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **J. Agr. Sci.**, v. 105, n.3, p. 513-521, 1985.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technol.**, v.5, n.3, p.664-673, 1991.

DIELEMAN, A. et al. Decision rules for postemergence control of pigweed (*Amaranthus* spp.) in soybean (*Glycine max*). **Weed Sci.**, v.44, p.126-132, 1996.

FISCHER, A. J.; RAMÍREZ, H. V.; LOZANO, J. Suppression of junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link) by irrigated rice cultivars in Latin America. **Agron. J.**, v. 89, p. 516-521, 1997.

FLECK, N. G. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipos de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.101-111, 2008.

FLECK, N. G. et al. Velocidade de estabelecimento em cultivares de arroz irrigado como característica para aumentar a habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Cienc. Rural**, v. 33, p. 635-640, 2003.

FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para tomada de decisão no controle de guaxuma em soja. **Planta Daninha**, v. 20, p. 421-429, 2002.

FLECK, N.G. et al. Características de plantas de cultivares de arroz irrigado relacionadas a habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.97-104, 2003.

GALON, L. et al. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.697-707, 2007a.

GALON, L. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.709-718, 2007b.

GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.27, n.esp., p.1083-1093, 2009.

GHERSA, C. M.; HOLT, J. S. Using phenology prediction in weed management: A review. **Weed Res.**, v.35, n.6, p.461-470, 1995.

HAYES, T. et al. Feminization of male frogs in the wild. **Nature**, v.419, n.6910, p.895-896, 2002.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed: BASF, tomo I, São Paulo, 1997, 825p.

KUVA, M.A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capim-brachiaria (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.

LINDQUIST, J.L.; KROPFF, M.J. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) - *Echinochloa* competition. **Weed Sci.**, v.44, n.1, p.52-56, 1996.

LINDQUIST, J.L.; MORTENSEN, D.A.; CLAY, S.A. et al. Stability of corn (*Zea mays*)-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. **Weed Sci.**, v.44, n.2, p.309-313, 1996.

MONQUERO, P.A. et al. Lixiviação de clomazone + ametryn, diuron + hexazinone e isoxaflutole em dois tipos de solo. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.685-691, 2008.

OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.33-46, 2008.

PALMA, P. et al. Risk assessment of representative and priority pesticides, in surface water of the Alqueva reservoir (south of Portugal) using on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Environ. Int.**, v.35, n.3, p.545-551, 2009.

PAOLINI, R. et al. Competition between safflower and weeds as influenced by crop genotype and sowing time. **Weed Res.**, v.38, n.4, p.247-255, 1998.

PROCÓPIO, S.O. et al. Manejo de plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar Bionergia, açúcar e álcool – Tecnologias e Perspectivas**. Editora UFV – Viçosa-MG, p.181-215, 2010.

QUEIROZ, S. N. C. et al. Comportamento do herbicida hexazinone em área de recarga do aquífero Guarani cultivada com cana-de-açúcar. **Quím. Nova**, v.32, n.2, p.378-381, 2009.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. 589 p.

REIS, M.R. et al. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.323-331, 2008.

RIGOLI, R.P. et al. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.93-100, 2008.

RIZZARDI, M.A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Cienc. Rural**, v.31, n.4, p.707-714, 2001.

RIZZARDI, M.A. et al. Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura da soja. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.29-34, 2004.

SAS: Institute Statistical Analysis System. **User's guide**: version 6.4 ed. Cary: SAS Institute, 1989, 1989. 846p.

SILVA, A.C. et al. Acúmulo de macro e micronutrientes por soja e *Brachiaria brizantha* emergida em diferentes épocas. **Planta Daninha**, 27, n. 1, p. 49-56, 2009.

SILVA, I.A.B. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.265-272, 2009.

SWINTON, S. M. et al. Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed species. **Weed Sci.**, v.42, n.1, p.103-109, 1994.

WAGNER, N.C. et al. Developing an Empirical Yield-Prediction Model Based on Wheat and Wild Oat (*Avena fatua*) Density, Nitrogen and Herbicide Rate, and Growing-Season Precipitation. **Weed Science**, v.55, n.6, p.652-664, 2007.

WEAVER, S.E. Size-dependent economic thresholds for broadleaf weed species in soybeans. **Weed Technol.**, v.5, n.3, p.674-679, 1991.

COMPETIÇÃO POR MACRONUTRIENTES ENTRE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR E POPULAÇÕES DE *Brachiaria brizantha*

RESUMO

Avaliaram-se, neste trabalho, os teores foliares dos macronutrientes nas cultivares de cana-açúcar RB72454, RB867515 e SP801816 cultivadas em competição *Brachiaria brizantha* em diferentes densidades. Foram quantificados a massa da matéria seca da parte aérea da cultura e da *B. brizantha*, as concentrações de N total, P, K, Ca, S e Mg e a produção de colmos. O aumento da densidade de *B. brizantha* proporcionou a redução da concentração de P foliar em todas as cultivares; de N nas cultivares RB72454 e SP801816; e K, S, Mg e da massa seca da parte aérea da cultivar RB72454. A cultivar RB72454 foi a menos competitiva pelos nutrientes no solo. Todas as cultivares apresentaram redução média de 76% na produtividade de colmos na densidade máxima de *B. brizantha*.

Palavras – chave: RB72454, RB867515, SP801816, nitrogênio.

COMPETITION FOR MACRONUTRIENTS BETWEEN SUGARCANE CULTIVARS AND POPULATIONS OF *Brachiaria brizantha*

ABSTRACT

In this study, evaluations were made of the foliar macronutrient levels in sugarcane cultivars RB72454, RB867515 SP801816 grown in competition with *Brachiaria brizantha* at different densities. Quantifications were made of shoot dry

mass, both crop and *B. brizantha*, total concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur and straws yield. Increasing the density of *B. brizantha* generally reduces leaf concentration of phosphorus in all cultivars, nitrogen in cultivars RB72454 SP801816, and potassium, sulfur, magnesium and shoots dry mass in cultivar RB72454. Cultivar RB72454 was less competitive for nutrients in the soil. All cultivars showed an average decrease of 76% in straws yield in the maximum density of *B. brizantha*.

Keywords: RB72454, RB867515, SP801816, nitrogen.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a cultura que mais cresceu em área cultivada nos últimos anos no Brasil. Isto deve-se à elevada demanda mundial por etanol e açúcar refinado e principalmente ao retorno econômico observado nos últimos anos pelos produtores dessa cultura.

Dentre os fatores bióticos e abióticos que limitam a expressão do potencial de produtividade máxima da cana-de-açúcar se destaca a interferência ocasionada pelas plantas daninhas. Estas quando não controladas de modo adequado limitam o potencial produtivo da cana-de-açúcar (Kuva et al., 2003). Em solos de baixa fertilidade (solos tropicais) a competição pelos fatores de crescimento especialmente por nutrientes se tornam de extrema importância (Rizzardi et al., 2001).

A interferência das plantas daninhas sobre as culturas pode causar alterações na taxa de crescimento ou na arquitetura desta, que é resultante das mudanças no ambiente devido à presença de outras plantas. Geralmente não se estuda o motivo das mudanças que ocorrem no ambiente, mas apenas as respostas das plantas a essas alterações (Radosevich al., 1997).

O potencial competitivo das plantas daninhas, por nutrientes ou por outros fatores do meio, varia em função da espécie (Rigoli et al., 2008), do nível populacional (Vidal et al., 2004), da época da emergência em relação a cultura (Silva et al., 2009), do sistema de manejo adotado com a cultura (Ikeda et al., 2007) e das cultivares de uma mesma espécie que podem apresentar habilidade competitivas diferenciadas (Agostinetto et al., 2004; Biachi et al., 2006; Galon et al., 2007a; Fleck et al., 2008).

Desse modo, torna-se importante o conhecimento da habilidade competitiva das cultivares de cana-de-açúcar com as populações de plantas daninhas, para que se

possam prever os danos causados por uma espécie infestante presente em determinada lavoura (Vidal et al., 2004; Galon et al., 2007b). Dentre as diversas espécies de plantas daninhas encontradas nas lavouras de cana-de-açúcar se destacam as pertencentes ao gênero *Brachiaria* (Oliveira & Freitas, 2008). Esse gênero pertence à mesma família botânica da cana-de-açúcar, apresentando assim elevada habilidade competitiva com a cultura em função de características morfofisiologicamente semelhantes. A *B. brizantha* apresenta capacidade de crescer em solos ácidos e de baixa fertilidade (Simão Neto et al., 1995), sendo menos exigente em fertilidade do solo do que a cana-de-açúcar. Desse modo, os nutrientes são elementos importantes no processo competitivo entre as referidas espécies. Os padrões dos efeitos da competição por esse fator são determinados, em parte, por aspectos específicos dos competidores como pelas diferenças no hábito de crescimento e requerimento de nutrientes pelas espécies envolvidas.

Algumas espécies de plantas daninhas são mais competitivas com as culturas devido à sua maior eficiência na absorção e utilização de nutrientes (Tomaso, 1995). Verificou-se uma perda de produtividade de 1 t ha⁻¹ de colmos de cana-de-açúcar para cada 3,70 g m⁻² de matéria seca acumulada pela *B. decumbens* (Kuva et al., 2003). Segundo Rizzardi et al. (2001), a intensidade de competição entre raízes das plantas daninhas e da cultura pelos recursos existentes abaixo da superfície do solo depende do tipo e da disponibilidade dos recursos, da espécie vegetal e de sua capacidade em desenvolver sistema radical extenso, com diâmetro reduzido e área superficial ampla.

Desse modo, torna-se evidente que a *B. brizantha* apresenta elevado potencial de competir com a cultura da cana-de-açúcar pelos nutrientes disponíveis no solo, sendo um dos fatores mais críticos presentes nos canaviais brasileiros, principalmente quando ocorrer alta densidade populacional dessa planta daninha. De acordo com Lamego et al. (2005) o grau da interferência das plantas daninhas sobre as culturas é influenciado diretamente pela população que convive com a cultura, com a variedade que será colocada em competição e também com a espécie infestante presente na área. Assim, as informações sobre o desenvolvimento das plantas e da concentração de nutrientes na região foliar das plantas e os fatores que afetam, são requeridos para melhor entendimento acerca dos problemas que influenciam a habilidade competitiva de plantas cultivadas e espécies infestantes de lavoura. Portanto, a hipótese é que haverá maior prejuízo à cana-de-açúcar com o aumento da população de *B. brizantha*, na absorção de nutrientes e produtividade. Para comprovação dessa hipótese, realizou-se este trabalho

com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes densidades populacionais de *B. brizantha*, nos teores foliares dos macronutrientes nas cultivares de cana-de-açúcar RB72454, RB867515 e SP 80-1816.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Horta Nova, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, em um Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006). O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em sistema convencional de cultivo de cana de ano, com aração e gradagens, com posterior sulcamento da área em espaçamento entre linhas de 1,4 m.

A densidade de plantio foi de 18 gemas por metro, com toletes de duas ou três gemas. A adubação foi realizada no sulco de plantio de acordo com resultados da análise do solo, utilizando-se 500 kg ha⁻¹ da formulação NPK 8-28-16, mais adubação de cobertura com 160 kg ha⁻¹ de KCl.

As unidades experimentais foram constituídas de seis linhas (8,4 m) com 5,0 m de comprimento, com área total de 42 m² e área útil de 22,4 m². Os tratamentos foram constituídos por 12 densidades populacionais de *B. brizantha* e três cultivares de cana-de-açúcar. As densidades de *B. brizantha* foram de: 0, 1, 3, 7, 15, 32, 32, 40, 64, 72, 92 e 112; 0, 1, 4, 10, 14, 18, 28, 30, 36, 52, 54 e 72; e 0, 1, 3, 6, 14, 20, 24, 26, 26, 32, 46 e 56 plantas por m², para as cultivares RB72454, RB867515 e SP801816, respectivamente.

As populações de *B. brizantha* foram obtidas por meio de semeadura, realizada dez dias antes da emergência da cana-de-açúcar, para que ambas as espécies emergissem na mesma época. A densidade de semeadura em cada parcela foi proporcional à densidade de plantas desejada, com uma margem de segurança. Quando as plantas de *B. brizantha* encontravam-se no estágio de duas folhas a um perfilho foi realizado o estabelecimento das populações com a aplicação do herbicida MSMA (2 L ha⁻¹). O produto foi aplicado com uso de um pulverizador costal propellido a CO₂, acoplado a uma barra de 2 m de comprimento contendo quatro pontas de pulverização modelo XR 110.02, calibrado para aspergir um volume de calda de 150 L ha⁻¹. Para o estabelecimento das populações desejadas de *B. brizantha* protegeu-se as plantas com copos plásticos, para que não sofressem danos do herbicida. As plantas daninhas não objeto do estudo foram controladas com 2,4-D e arranque manual.

Aos 120 dias após a emergência da cultura foi quantificada a massa da matéria seca da parte aérea da cultura (MMSC) e da *B. brizantha* (MMSB). Para isso, foram coletadas as plantas de cana-de-açúcar em 1 m na linha de cultivo, e as plantas daninhas contidas em duas áreas de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) escolhidas de forma aleatória dentro da área útil de cada parcela. Essas plantas foram seccionadas rente ao solo, alocadas em sacos de papel e acomodadas em estufa de secagem com circulação de ar forçado a 60 ± 5 °C até atingir massa constante.

Para avaliação do estado nutricional das plantas de cana-de-açúcar, foram coletadas amostras das folhas +3 (terceira folha a partir do ápice das plantas) aos 290 dias após a emergência da cultura. Foi utilizado o terço médio de cada folha, excluindo-se a nervura principal dessas, de acordo com o método proposto por Malavolta (1997). O material foi alocado em sacos de papel e levados para estufa de secagem com circulação de ar a 65 ± 5 °C até atingirem massa constante. Após a secagem, procedeu-se à moagem das amostras, utilizando-se um moinho de lâminas do tipo Willey, equipado com peneira de 40 mesh. Após a moagem, o material foi levado para estufa de secagem para desidratação para proceder a pesagem do material livre da água.

Foram utilizados 0,50 g de material vegetal moído foram adicionados a tubos e submetidas à digestão, utilizando uma solução de ácido nítrico mais ácido perclórico. Após essa digestão, o extrato foi adicionado em frascos de vidro em que esse foi diluído. Posteriormente, foi realizada a determinação das concentrações de P, pelo método da vitamina C modificada (Braga & De Fellipo, 1974); de K, por fotometria de chama; do S, por turbidimetria do sulfato (Jackson, 1958); e de Ca e Mg pelo espectrômetro de absorção atômica.

Para a determinação do teor de N total das folhas da cana-de-açúcar foram adicionados 0,25 g de material vegetal moído e seco em tubos. Procedendo-se a digestão sulfúrica do material vegetal e, posteriormente, a determinação do N total pelo método de Kjeldahl (Cotta et al., 2007).

Os dados foram submetidos à análise de variância (F), em caso de significância, procedeu-se a análise de regressão. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada alteração da massa da matéria seca das plantas de cana-de-açúcar (MMSB) para as cultivares RB867515 e SP801816 com o aumento da densidade de *B. brizantha*. No entanto, houve redução dessa variável para a cultivar RB72454 (Figura 1 A). Desse modo, fica evidente a menor habilidade competitiva desta cultivar, até os 120 dias após o plantio, com a espécie daninha. As características morfofisiológicas da cultivar podem determinar a maior ou menor habilidade competitiva. A cultivar SP801816, que apresentou maior habilidade competitiva, tem como característica maior crescimento inicial, com maior número de afilhos e folhas mais largas e prostradas, características que proporcionam maior capacidade da planta em dominar o ambiente, principalmente, pela capacidade de cobrir o solo mais rapidamente. No entanto, a cultivar RB72454 apresenta menor crescimento inicial e menor número de afilhos (Ridesa, 2010), características que tornam essa cultivar menos competitiva com as plantas daninhas.

Houve aumento da massa da matéria seca da parte aérea da *B. brizantha* (MMSB) conforme acréscimos na densidade populacional (Figura 1 B). Considerando que as populações de *B. brizantha* que competiram com a cultivar RB72454 apresentaram maior densidade populacional e acúmulo de MMSB do que as populações que competiram com as demais cultivares. Isso indica a menor habilidade competitiva dessa cultivar, que possibilitou maior desenvolvimento das plantas daninhas.

Pesquisas têm demonstrado que o aumento da população de plantas daninhas ocasiona a redução da massa seca da parte aérea e a produtividade de grão de soja (Silva et al., 2008; Carvalho et al., 2010), de arroz (Agostinetto et al., 2007; Galon et al., 2007a) e de sorgo (Rodrigues et al., 2010). No caso específico para cana-de-açúcar, Kuva et al. (2001) observaram que o aumento da biomassa seca do capim braquiária provocou a redução na produtividade de colmos da cultura. Os mesmos autores relataram que o acúmulo de $3,70 \text{ g m}^{-2}$ de massa seca pelo capim braquiária proporcionou redução de 1 t ha^{-1} na produtividade da cana-de-açúcar. De acordo com Radosevich et al. (1997), à medida que ocorre o aumento da população e do desenvolvimento das plantas daninhas, sobretudo daquelas que germinaram e emergiram no início do ciclo da cultura, intensifica-se a competição inter e intra-específica, de modo que as espécies mais altas e desenvolvidas tornam-se dominantes, ao passo que as menores são suprimidas ou morrem.

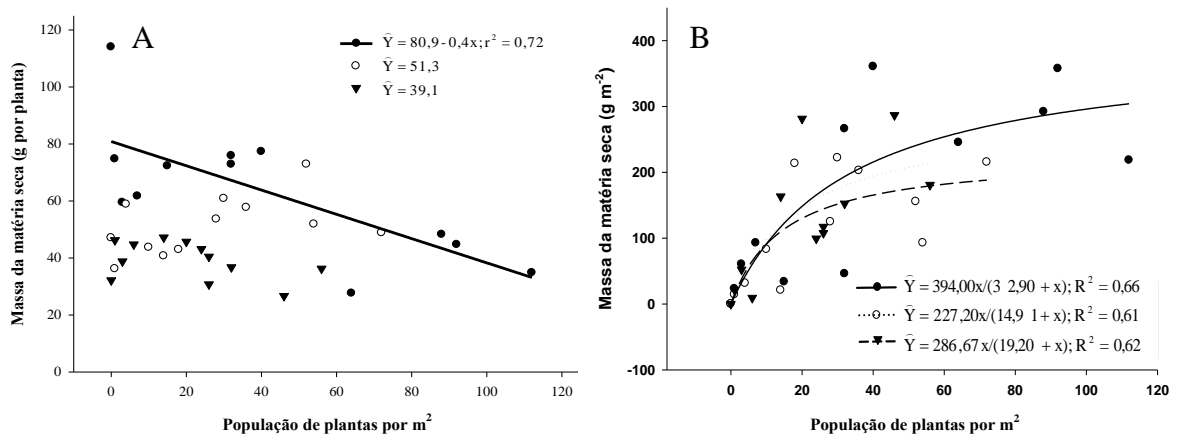


Figura 1. Massa da matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar (A) e da *Brachiaria brizantha* (B) em função da competição entre as cultivares de cana-de-açúcar (●) RB72454, (○) RB867515 e (▼) SP801816 e populações de *B. brizantha*.

As cultivares RB72454 e SP801816 apresentaram redução na concentração foliar de N com o aumento da densidade populacional de *B. brizantha* (Figura 2 A). No entanto, a concentração foliar de N da cultivar RB867515 não foi influenciada pela competição com a *B. brizantha*, mesmo nas maiores densidades populacionais. A baixa interferência causada pela planta daninha na concentração foliar de N da cana-de-açúcar pode ser explicado pela presença de bactérias diazotróficas nos tecidos das plantas, que realizam a fixação do N atmosférico. Desse modo, em geral, as plantas de cana-de-açúcar são pouco dependentes desse nutriente presente no solo (Reis Junior et al., 2000).

O aumento da população de plantas de *B. brizantha* ocasionou redução da concentração foliar de P, para todas as cultivares de cana-de-açúcar (Figura 2 B). O P é um dos nutrientes mais limitantes para a produção da cana-de-açúcar, principalmente em solos intemperizados, que naturalmente são pobres nesse nutriente (Chien & Menon, 1995), e grande parte do P adicionado em adubações se complexam aos colóides do solo. O P é um nutriente que é absorvido do solo principalmente pela interceptação das raízes e por difusão a curtas distâncias. Desse modo, as plantas que possuem grande quantidade de raízes conseguem explorar grande volume de solo e, conseqüentemente, extrair com maior eficiência esse nutriente.

Neste contexto, qualquer fator que leve ao menor crescimento do sistema radicular, como a competição com planta daninha (Rizzardi et al., 2001), que pode ser atribuído à depleção de água ou nutrientes, liberação de substâncias tóxicas das raízes

ou folhas (alelopáticas) ou produção de elementos tóxicos durante a decomposição das plantas (Kramer & Boyer, 1995), afetam negativamente a absorção de P pela cultura.

Ressalta-se também que a competição acima do solo, por luz, diminuirá o fluxo de fotossintatos para as raízes, afetando seu crescimento. A *B. brizantha* é uma espécie com metabolismos C₄, bem como a cana-de-açúcar, que apresenta elevada exigência por luminosidade. Desse modo, o aumento da população de espécies daninhas intensifica a competição exercida com as culturas (Kuva et al., 2001; Galon et al., 2007b; Tarouco et al., 2009). Além disso, a *B. brizantha* apresenta elevada habilidade competitiva para extrair o P do solo, pois apresenta grande densidade radicular. Com aumento da densidade populacional dessas plantas há intensificação da competição exercida sobre a cultura (Christoffoleti & Victória Filho, 1996).

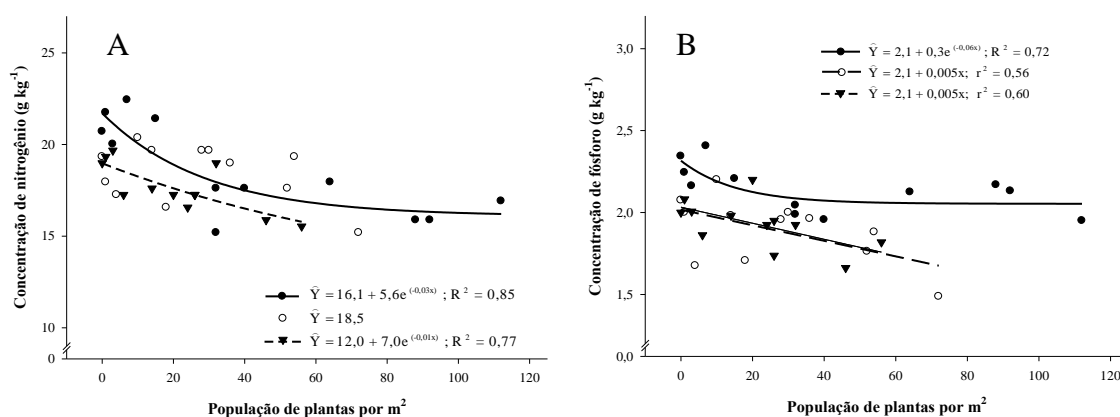


Figura 2. Concentração foliar de N (A) e P (B) das cultivares de cana-de-açúcar (●) RB72454, (○) RB867515 e (▼) SP801816 em competição com populações de plantas de *Brachiaria brizantha*.

A concentração foliar de K da cultivar RB72454 apresentou decréscimo em função do aumento da densidade das plantas de *B. brizantha* (Figura 3 A). Já para as demais cultivares estudadas não houve efeito nos teores foliares deste nutriente em função da competição com a espécie daninha, independentemente da população de plantas, evidenciando a menor habilidade competitiva dessa cultivar em comparação com as demais. Ronchi et al. (2003) relataram que o aumento da população de plantas daninhas ocasionou a redução do conteúdo relativo de macronutrientes nas folhas de cafeeiro, independente da espécie de planta daninha que competiu com a cultura. No entanto, *Bidens pilosa* foi a espécie que mais provocou redução, apresentando maior capacidade competitiva. O aumento da densidade de plantas daninha promoveu ainda a

redução da concentração de nutrientes das folhas de abacaxizeiro, principalmente quando em competição com *Cyperus rotundus* (Catunda et al., 2006).

A concentração foliar de Ca das cultivares de cana-de-açúcar não sofreu alteração com o aumento da densidade de plantas de *B. brizantha* (Figura 3 B). O Ca foi um nutriente pouco limitante, pois se encontrava em concentração relativamente alta ($4,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo devido a adição desse nutriente pela calagem.

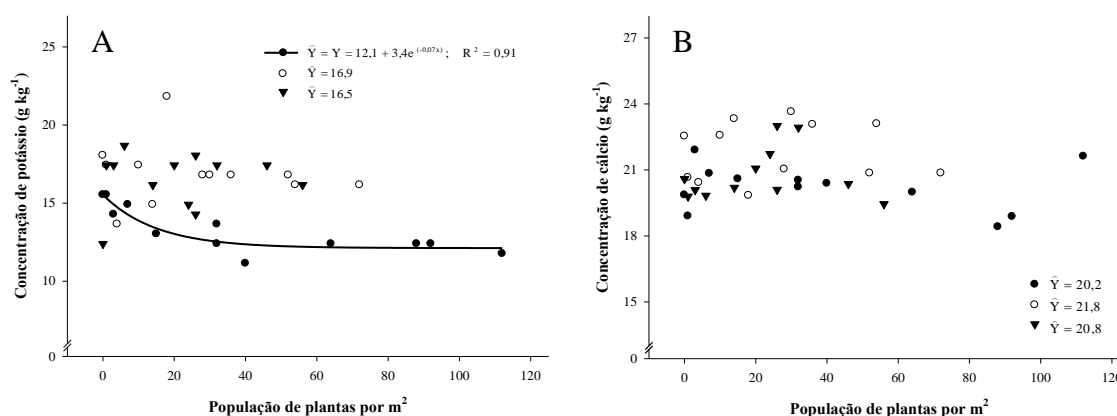


Figura 3. Concentração foliar de K e Ca nas cultivares de cana-de-açúcar (●) RB72454, (○) RB867515 e (▼) SP801816 em competição com populações de plantas de *Brachiaria brizantha*.

A concentração foliar de S não foi influenciada pelo aumento da densidade populacional de *B. Brizantha* em nenhuma das cultivares estudadas (Figura 4 B), evidenciando que esse nutriente não foi um recurso limitante para o crescimento das cultivares de cana-de-açúcar.

A concentração foliar de Mg foi menor conforme houve o aumento da população de *B. brizantha* somente para a cultivar RB72454 (Figura 2 B). O acréscimo da população do competidor ocasionou maior potencial de competição e absorção de nutrientes devido o sistema radicular mais abundante, explorando um volume maior de solo (Rizzardi et al., 2001). Quando as plantas daninhas se estabelecem antes ou na mesma época da cultura, elas tendem a dominar o ambiente, apresentando maior absorção de nutrientes, como observado para as plantas de *B. brizantha* competindo com a cultura da soja (Silva et al., 2009).

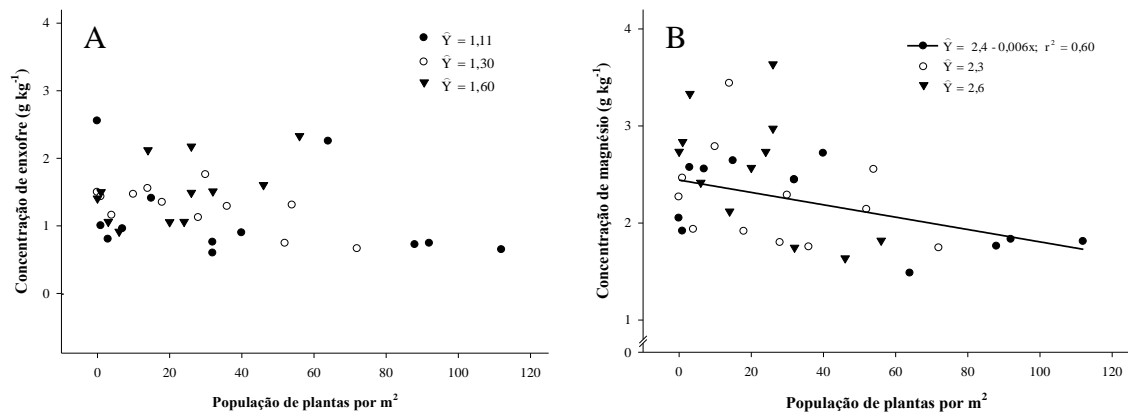


Figura 4. Concentração foliar de S e Mg nas cultivares de cana-de-açúcar (●) RB72454, (○) RB867515 e (▼) SP801816 em competição com populações de plantas de *Brachiaria brizantha*.

A produtividade de colmos das cultivares de cana-de-açúcar apresentou decréscimo com o aumento da densidade populacional de *B. Brizantha*, sendo a RB72454 a mais afetada em relação às demais (Figura 5). A produtividade de colmos foi 83, 80 e 66% maior nas parcelas sem interferência da *B. brizantha*, quando comparada as parcelas com a maior densidade populacional dessa espécie daninha para as cultivares RB72454, BR867515 e SP801816, respectivamente.

A produtividade média de colmos das cultivares, na ausência de plantas daninhas, foi de 95 t ha⁻¹. Quando houve máxima interferência da espécie daninha a produtividade média foi de 22 t ha⁻¹, ocorrendo uma redução média de 73 t ha⁻¹. Outros estudos apresentam a limitação de 37,5% (Constanti, 1993) e 82% (Kuva et al., 2001) na produtividade de colmos de cana-de-açúcar devido à competição com capim-braquiária. De acordo com Kuva et al. (2001), vários são os fatores que podem interferir na produtividade da cana-de-açúcar quando em presença de plantas daninhas. No entanto, como se observou neste trabalho, os fatores relacionados com a competição por nutrientes foram essenciais, pois à medida que a densidade populacional de *B. brizantha* foi aumentando a concentração foliar dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg foi diminuindo, o que proporcionou menor produtividade da cultura.

Houve competição entre a cultura a espécie daninha pelos nutrientes do solo, principalmente P e K, nutrientes que necessitam ser absorvidos em grande quantidade para não ser comprometido o crescimento e a produção de biomassa das plantas.

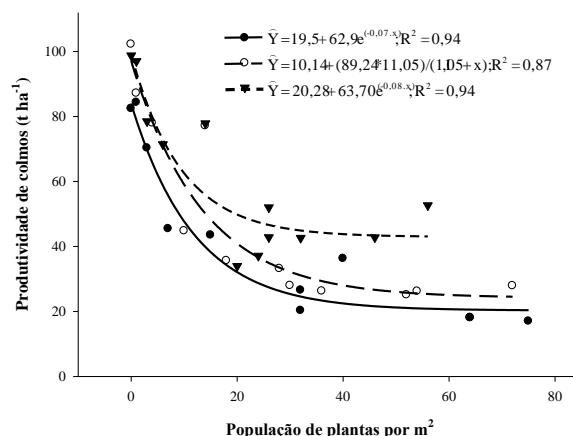


Figura 5. Produtividade de colmos ($t\ ha^{-1}$) das cultivares de cana-de-açúcar (\bullet) RB72454, (\circ) RB867515 e (\blacktriangledown) SP801816 em competição com populações de plantas de *Brachiaria brizantha*.

Ressalta-se que, além da redução da produtividade da cana-de-açúcar pela competição com a *B. brizantha*, essa espécie daninha também pode reduzir a longevidade dos canaviais, podendo hospedar grande número de pragas e doenças, além de animais peçonhentos e dificultar a colheita manual ou mecanizada. Por esses motivos, a interferência causada pelas plantas daninhas representa um grande limitante a produtividade para a cultura da cana-de-açúcar, sendo um fator que eleva o custo de produção.

Com os resultados apresentados conclui-se que o aumento na população de *B. brizantha* aumenta a massa da matéria seca dessa espécie e a competitividade com a cana-de-açúcar, reduzindo a concentração foliar dos macronutrientes, principalmente de P. A cana-de-açúcar apresenta menor produtividade de colmos à medida que aumenta a população de *B. brizantha*, com redução média de 76% na máxima densidade populacional da espécie daninha. A cultivar de cana-de-açúcar RB72454 apresenta menor habilidade competitiva por nutrientes com a *B. Brizantha*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

LITERATURA CITADA

AGOSTINETTO, D. et al. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v.25, p.689-696, 2007.

AGOSTINETTO, D. et al. Perdas de rendimento de grãos na cultura de arroz irrigado em função da população de plantas e da época relativa de emergência de arroz-vermelho ou de seu genótipo simulador de infestação de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.22, p.175-183, 2004.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v.36, p.1380-1387, 2006.

BRAGA, J. M.; DE FELLIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.

CARVALHO, L.B.; BIANCO, S.; GUZZO, C.D. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. **Planta Daninha**, v.28, p.33-39, 2010.

CATUNDA, M.G. et al. Interferência de plantas daninhas no acúmulo de nutrientes e no crescimento de plantas de abacaxi. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.199-204, 2006.

CHIEN, S.H.; MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, v.41, p.227-234, 1995.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTÓRIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha**, v.14, n.1, p.42-47, 1996.

CONSTANTIN, J. **Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência da *Brachiaria decumbens* Stapf. com a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. Botucatu, UNESP, 1993. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 1993.

COTTA, J.A.O. et al. Validação do método para determinação de nitrogênio Kjeldahl total. **Revista Analytica**, v.26, n.1, p.68-75, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: 2006. 412p.

FLECK, N.G. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.26, p.101-111, 2008.

GALON, L. et al. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, p.697-707, 2007a.

- GALON, L. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.709-718, 2007b.
- IKEDA, F.S. et al. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.11, p.1545-1551, 2007.
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1958. 498 p.
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plant and soils**. London: Academic, 1995. Cap.5: Roots and root systems. p.115-165.
- KUVA, M.A. et al. Período de interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.
- KUVA, M.A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v.19, p.323-330, 2001.
- LAMEGO, F.P. et al. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.405-414, 2005.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**. 2. ed. Potafos, Piracicaba, SP. 1997. 319 p.
- OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.33-46, 2008.
- RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. 589 p.
- REIS JUNIOR, F.B. et al. Ocorrência de bactérias diazotróficas em diferentes genótipos de cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.35, n.5, p.985-994, 2000.
- RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Ridesa, Curitiba – PR, 2010. 136p.
- RIGOLI, R.P. et al. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.93-100, 2008.
- RIZZARDI, M.A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Cienc. Rural**, v.31, n.4, p.707-714, 2001.
- RODRIGUES, A.C.P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, v.28, p.23-31, 2010.
- RONCHI, C.P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta daninha**, v.21, n.2, p.219-227, 2003.

SILVA, A.C. et al. Acúmulo de macro e micronutrientes por soja e *brachiaria brizantha* emergida em diferentes épocas. **Planta daninha**, v.27, n.1, p. 49-56, 2009.

SILVA, A.F. et al. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v.26, p.65-71, 2008.

SIMÃO NETO, M.; DIAS FILHO, M.B.; SERRÃO, E.A.S. Avaliação da adaptação de acesso de *Brachiaria* para a Amazônia Oriental do Brasil. **Pasturas Tropicais**, v.17, p.9-13, 1995.

TAROUCO, C.P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.9, p.1131-1137, 2009.

TOMASO, J. M. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. **Weed Science**, v.43, p.491-497, 1995.

VIDAL, R.A. et al. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.63-69, 2004.

EFICIÊNCIA DE SUBDOSES DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE *Brachiaria brizantha* EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

As plantas daninhas apresentam sensibilidade diferenciada aos herbicidas em diferentes estágios de crescimento. Desse modo, a dose registrada do herbicida poderá ser reduzida em condições específicas, mantendo-se o controle satisfatório das plantas daninhas. Neste trabalho avaliou-se a eficiência de subdoses da mistura dos herbicidas formulados Velpar K WG[®] (hexazinone + diuron) + Volcane[®] (MSMA) no controle de *Brachiaria brizantha* em diferentes estádios de crescimento. Ótima eficiência de controle da *B. brizantha* foi obtida com aplicação de 50% da dose recomendada quando os herbicidas foram aplicados na primeira época (plantas com 1-2 folhas). Em aplicações tardias comprovou-se a necessidade de se aumentar a dose. Nessa condição a dose econômica ótima estimada foi de 90% da dose recomendada da mistura dos herbicidas formulados Velpar K WG[®] + Volcane[®].

Palavras-chave: *Saccharum* spp., hexazinone, diuron, MSMA.

EFFICIENCY OF HERBICIDE SUBDOSES FOR *Brachiaria brizantha* CONTROL IN SUGARCANE

ABSTRACT

Weeds have different sensitivity to herbicides at different growth stages. Thus, the registered dose of the herbicide may be reduced under specific conditions, while

keeping satisfactory weed control. In this study, it was evaluated the efficiency of subdoses of the mixture of formulated herbicides Velpar K WG[®] (hexazinone + diuron) + Volcane[®] (MSMA) on the control of *Brachiaria brizantha* at different growth stages. Optimal control efficiency of *B. brizantha* was achieved by applying 50 % of the recommended dose when the herbicides were applied on the first season (1-2 leaf plants). In late applications, it was proved the need to increase the dose. In this condition, the estimated optimum economic dose was 90 % of the recommended dose of the mixture of formulated herbicides Velpar K WG[®] + Volcane[®]

Keywords: *Saccharum* spp., hexazinone, diuron, MSMA.

INTRODUÇÃO

A competição causada pelas plantas daninhas é um dos principais fatores limitantes a produção da cana-de-açúcar, pois essa cultura apresenta baixa habilidade competitiva no início do ciclo, pelo crescimento inicial lento e largo espaçamento adotado entre linhas de cultivo. A produtividade pode ser limitada em 20 a 40% pelas plantas daninhas quando não realizado o controle, dependendo da espécie e densidade (Kuva et al., 2000; Kuva et al., 2003). Dentre as espécies de plantas daninhas geralmente presentes nas lavouras de cana-de-açúcar encontram-se as pertencentes aos gêneros *Brachiaria* (Oliveira & Freitas, 2008). A *B. decumbens* é uma espécie que apresenta elevada competitividade com a cultura, causando limitação de produtividade de 1,0 t ha⁻¹ de colmos a cada 3,7 g m⁻² de massa seca produzida (Kuva et al., 2003).

Dentre os métodos de controle de plantas daninhas disponíveis, o mais utilizado nas lavouras de cana-de-açúcar é o químico. Este se destaca por apresentar alta eficiência, rapidez na operação e menor custo (Christoffoleti et al., 2006). No entanto, o uso incorreto desses produtos pode causar sério impacto ambiental (Reis et al., 2008). Deste modo, uma das alternativas para reduzir o uso desses produtos é reduzir a dose aplicada, pois o controle satisfatório de plantas daninhas frequentemente é obtido com uso de doses abaixo daquelas normalmente recomendadas no rótulo dos produtos formulados (Boström & Fogelfors, 2002). Isto se explica porque as doses das formulações de herbicidas, que são recomendadas pelo fabricante, usualmente, são fixadas para proporcionar controle eficiente sobre uma ampla variação de condições ambientais e de manejo (Devlin et al., 1991). Dessa forma, se esses produtos forem aplicados em épocas e condições adequadas podem apresentar controle satisfatório,

mesmo em doses abaixo da recomendada (Boström & Fogelfors, 2002), caracterizando assim a dose economicamente ótima, que é a dose utilizada que proporciona o maior retorno econômico, onde se tem a redução dos custos de produção e do impacto ambiental ocasionado pelos herbicidas.

Para viabilizar o manejo integrado das plantas daninhas deve-se realizar o controle químico quando há necessidade. Para isso, deve-se realizar a aplicação em pós-emergência das plantas daninhas jovens. Rizzardi & Fleck (2004) observaram que houve controle de 95% de *Sida rhombifolia* com uso de 1,25 L ha⁻¹ da mistura formulada comercialmente de bentazon + acifluorfen, aplicado quando a espécie daninha apresentava duas folhas. Porém, quando apresentava seis folhas o controle foi de aproximadamente 87% com a dose de 2,0 L ha⁻¹.

Holm et al. (2000), ao estudarem vários graminicidas para o controle de aveia selvagem infestante da cultura do trigo, observaram que a redução das doses desses herbicidas foi dependente das características físico-química dos produtos. Nesse estudo foi obtida maior eficiência de controle em áreas que apresentavam plantas daninhas mais jovens e em menor população. Em alguns casos, com o uso de subdoses, pode-se inibir o efeito da competição das plantas daninhas, embora não se controle totalmente a população, apenas causando a supressão parcial dessas (Rizzardi & Fleck, 2004). Entretanto, deve-se tomar cuidado para que essas espécies não venham a produzir sementes viáveis, a fim de evitar que ocorra o aumento do banco de sementes no solo, o que vai dificultar o manejo em cultivos posteriores. Mesmo que esse provável efeito seja questionável, no manejo de plantas daninhas em milho, a utilização de subdoses de herbicidas e do nível de dano econômico não possibilitou o aumento do bancos de sementes de plantas daninhas (Sikkema et al., 2007).

Para melhor eficiência no manejo das plantas daninhas há a possibilidade de integração entre níveis populacionais e doses de herbicidas, em que a dose dos herbicidas deve ser aumentada com o aumento da população de plantas daninhas (Kim et al., 2002). Outra possibilidade seria melhorar a eficiência de subdoses que poderá ser obtida com misturas de herbicidas que apresentam sinergismo, como observado com o mesotrione em mistura com o ametryn. Essa mistura controla com eficiência plantas daninhas não controladas com os herbicidas isoladamente, como a *Brachiaria plantaginea* e *B. horizontalis* (Carvalho et al., 2010).

Com a redução das doses dos herbicidas haverá menor custo de produção da lavoura, conseqüentemente, aumento dos lucros. Com essa redução, haverá menor

contaminação ambiental, principalmente dos herbicidas aplicados em pré-emergência, pois esses produtos podem, por exemplo, afetar a microbiota do solo, reduzindo o nível populacional e também a atividade, comprometendo funções importantes desses organismos no solo (Reis et al., 2008; Tironi et al., 2009).

Alguns herbicidas apresentam potencial de lixiviação no perfil do solo, que podem atingir os cursos hídricos, contaminando-os, como observado em vários estudos com os herbicidas ametryn, hexazinone, tebuthiuron, entre outros, em águas superficiais ou subterrâneas (Pfeuffer & Rand, 2004; McMahon et al., 2005; Mitchell et al., 2005; Palma et al., 2009), sendo esses muito usados para o manejo de plantas daninhas em canaviais brasileiros.

Visando a redução do impacto ambiental e dos custos de produção, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a eficiência de subdoses da mistura dos herbicidas formulados Velpar K WG[®] (hexazinone + diuron) + Volcane[®] (MSMA) no controle de *B. brizantha* em diferentes estádios de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação experimental da Horta Nova (Distrito de São José do Triunfo), Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Município de Viçosa-MG, em um Argissolo Vermelho-Amarelo. O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em sistema convencional de cana de ano, com aração e gradagens, com posterior sulcamento da área, em distância entre linhas de 1,4 m.

O plantio da cana-de-açúcar, da cultivar RB867515, foi realizado na densidade de 18 gemas por metro, com adubação realizada no sulco de plantio, de acordo com resultados da análise do solo (Tabela 1) e recomendações para cultura, utilizando-se 500 kg ha⁻¹ da formulação NPK 8-28-16 mais 160 kg ha⁻¹ de KCl em cobertura.

As unidades experimentais foram constituídas de cinco linhas de 5,0 m de comprimento, com área total de 35,0 m². O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram alocados em esquema fatorial, sendo o fator A composto pela mistura das formulações comerciais de herbicidas Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) + Volcane[®] (MSMA) nas doses de 50,00; 62,50; 75,00; 87,50 e 100,00% da comercial (1,00; 1,25; 1,50; 1,75 e 2,00 kg ou L ha⁻¹); e o fator B pelas épocas de aplicação desses herbicidas, que foram realizadas

quando a *B. brizantha* encontrava-se com: 1ª época - duas a quatro folhas; 2ª época - quatro folhas a um perfilho; e 3ª época - um a quatro perfilhos. Além desses tratamentos foi incluída uma testemunha sem controle e outro com controle da *B. brizantha* com capinas.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo da camada de 0 a 20 cm da área experimental da Horta Nova

Características químicas ¹												
pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC (T)	V	M	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%		dag kg ⁻¹
6,0	7,4	168	4,2	0,7	0,0	4,46	5,33	5,33	9,79	54	0	2,4
Características físicas ¹												
Argila			Silte		Areia grossa		Areia Fina		Classificação textural			
47			32		7		14		Argiloso			

¹ Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. pH: em água, relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: extrator KCl – 1 mol L⁻¹. H + Al: extrator acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0. SB: soma de bases trocáveis. CTC (t): Capacidade de troca catiônica efetiva. CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0. V: saturação de bases. m: saturação de alumínio. MO: matéria orgânica = C.org x 1,724 – Walkley-Black.

As duas formulações comerciais (Velpar K WG[®] e Volcane[®], nas respectivas doses) foram misturadas diretamente no tanque de pulverização. As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador de precisão, pressurizado com CO₂, munido com uma barra com quatro pontas de pulverização (XR TeeJet[®]) das séries 110.02, calibrado para aplicar 200 L ha⁻¹ de calda herbicida. As condições climáticas no momento das aplicações foram: 1ª época – temperatura de 29°C, umidade relativa do ar de 59,3% e velocidade do vento de 3,53 m s⁻¹; 2ª época - temperatura de 29,8°C, umidade relativa do ar de 63% e velocidade do vento de 3,9 m s⁻¹; e 3ª época - temperatura de 27,5°C, umidade relativa do ar de 63% e velocidade do vento de 4,46 m s⁻¹.

As populações de *B. brizantha* foram obtidas por meio de semeadura, realizada 10 dias antes da emergência da cana-de-açúcar, para que as duas espécies emergissem na mesma época. A densidade de semeadura foi de 10 kg ha⁻¹ de sementes, obtendo-se a população de 23 plantas de *B. brizantha* por m².

Aos 7, 21, 35 e 49 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) realizaram-se as avaliações de controle de *B. brizantha*. Para isso, utilizou-se uma escala percentual, em que a nota zero correspondeu a nenhum efeito de controle e 100% significou a morte das plantas.

Um ano após o plantio da cultura foi realizada a estimativa de produtividade de colmos. Para isso, realizou-se a contagem dos colmos presentes nas três linhas centrais,

desconsiderando 0,50 m de bordadura no início e final de cada parcela. Posteriormente, foram coletados, aleatoriamente, 30 colmos da área útil das parcelas e em seguidas pesados. Com o peso médio de colmos e o número de colmos por área estimou-se a produtividade em $t\ ha^{-1}$.

As perdas de produtividade de colmos foram calculadas em relação ao tratamento com a maior dose dos herbicidas, utilizando-se os valores de produtividade das três épocas de aplicação, sendo expressas em $kg\ ha^{-1}$ de colmos e $US\$ ha^{-1}$. Foi considerada dose econômica ótima (DEO) a dose na qual a curva de perda de produtividade, em $US\$ ha^{-1}$, interceptou o custo de controle (Rizzardi & Fleck, 2004). Para esses autores a DEO é aquela dose do herbicida na qual a perda monetária de produtividade iguala-se ao custo de controle propiciado pelo uso da dose de rótulo do herbicida, adicionando-se o custo da aplicação. O custo do controle variou de $US\$ 56,00\ ha^{-1}$ a $US\$ 95,00\ ha^{-1}$ para menor e maior dose utilizada dos herbicidas, respectivamente, sendo considerado o custo da aplicação de um herbicida para o controle em pós-emergência mais um pré-emergente e o custo da aplicação.

Os dados obtidos para as variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância. Quando significativos, os efeitos de épocas de aplicação do herbicida foram comparados pelo teste de Tukey. Os efeitos das doses foram comparados com análises de regressão, sendo a escolha dos modelos baseada na significância estatística (teste F), no ajuste do coeficiente de determinação e no significado biológico do modelo. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores e as variáveis estudadas. Com relação ao fator época de aplicação observou-se, principalmente nas menores doses, maior grau de controle da *B. brizantha* naqueles tratamentos em que a aplicação do herbicida foi realizada quando esta se apresentava em estádios iniciais de desenvolvimento (duas a quatro folhas), principalmente aos 7 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Rizzardi & Fleck (2004) ao estudarem o controle de plantas daninhas em soja. Essa melhor eficiência de controle pode estar associada à melhor eficiência do herbicida quando foi aplicado em plantas mais jovens (Dieleman et al., 1996).

As plantas mais jovens apresentam mais suscetibilidade aos herbicidas, como observado para o controle de capim-marmelada com o herbicida clethodim. Nas aplicações realizadas em plantas mais jovens, com até nove perfilhos, pode-se utilizar doses reduzidas desse herbicida e obter controle satisfatório da espécie daninha. No entanto, com o maior desenvolvimento da espécie daninha, houve a necessidade de aumento da dose utilizada (Fleck et al., 2008).

A diferença entre o controle da *B. brizantha* foi maior nas menores doses utilizadas, em que o estágio da planta foi fundamental para a maior eficiência dos herbicidas. Nas maiores doses, os herbicidas apresentaram elevado controle em qualquer época de aplicação (tabela 2). Nas últimas épocas de avaliação, aos 21 e 35 DAH, o controle apresentou menor diferença entre o fator épocas de aplicação, tendendo a valores de controle semelhante.

Ressalta-se que o Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) apresentou efeito residual no solo que controla o refluxo de emergência da *B. brizantha* (Rodrigues & Almeida, 2005). Por esse motivo, manteve-se controle eficiente mesmo até a última avaliação, efetuada aos 49 DAH. Mesmo na primeira época de aplicação, as menores doses testadas foram suficientes para promover o controle eficiente da emergência da *B. brizantha* até a última época de avaliação, com valores de controle superiores a 90%.

Com relação ao fator época de aplicação sobre a produtividade da cultura, evidenciou-se a tendência de maior produtividade de colmos quando realizada a aplicação dos herbicidas na primeira época, quando a espécie daninha e a cultura encontram-se menos desenvolvidas, independente das doses utilizadas. De modo inverso, houve tendência de menor produtividade quando os herbicidas foram aplicados na última época, quando a *B. brizantha* encontrava-se com um a quatro perfilhos (Tabela 2). Esses resultados podem ser atribuídos à interferência causada pelas plantas daninhas na fase inicial de crescimento da cultura, pois nos tratamentos em que foi realizada a aplicação tardia a cultura conviveu por mais tempo com a espécie daninha (Holm et al., 2000).

A interferência das plantas daninhas ocorre desde a fase inicial de crescimento da cultura, sendo que nessa época um dos fatores de maior limitação no ambiente é a luminosidade, muitas vezes não pelo sombreamento, mas pelas alterações da qualidade da luz e conseqüente interferência no desenvolvimento inicial das culturas (Merroto Jr. et al., 2002). Para maior capacidade competitiva da cultura pode-se reduzir o espaçamento entre plantas (Stougaard & Xue, 2005)

Tabela 2. Controle de *Brachiaria brizantha* em função dos estádios de desenvolvimento e doses da mistura dos herbicidas formulados Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) e Volcane[®] (MSMA)

Dose dos herbicidas (kg ou L ha ⁻¹)	Época de aplicação	Controle (%)				Produtividade de colmos (t ha ⁻¹)
		7 DAT ^d	21 DAT	35 DAT	49 DAT	
0,00	Precoce ¹	0,00 a ⁵	0,00 a	0,00 a	0,00 a	53,34 a
	Média ²	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	57,55 a
	Tardia ³	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	54,75 a
1,00 + 1,00	Precoce ¹	88,30 a	99,00 a	97,50 a	94,00 a	86,48 a
	Média ²	50,00 b	93,00 b	91,30 b	79,50 b	93,68 a
	Tardia ³	79,00 a	99,00 a	97,50 a	82,50 b	63,43 b
1,25 + 1,25	Precoce ¹	94,50 a	99,30 a	97,50 a	94,30 a	101,93 a
	Média ²	58,80 b	94,30 b	94,50 b	88,30 b	74,67 b
	Tardia ³	93,80 a	99,80 a	99,00 a	98,00 a	82,96 b
1,50 + 1,50	Precoce ¹	95,00 a	99,80 a	99,30 a	95,80 a	92,23 a
	Média ²	67,50 b	94,80 b	98,30 a	96,30 a	69,77 b
	Tardia ³	94,30 a	100,00 a	99,80 a	98,30 a	82,35 ab
1,75 + 1,75	Precoce ¹	94,80 a	100,00 a	97,80 a	98,50 a	90,90 a
	Média ²	70,00 b	98,30 a	99,00 a	96,30 a	89,44 a
	Tardia ³	97,50 a	100,00 a	100,00 a	99,00 a	91,18 a
2,00 + 2,0	Precoce ¹	94,80 a	100,00 a	99,50 a	98,00 a	110,37 a
	Média ²	70,00 b	100,00 a	98,00 a	97,30 a	103,39 ab
	Tardia ³	94,80 a	97,80 a	99,80 a	98,00 a	94,60 b
Capinada	Precoce ¹	100 a	100 a	100 a	100 a	98,18 a
	Média ²	100 a	100 a	100 a	100 a	94,17 ab
	Tardia ³	100 a	100 a	100 a	100 a	89,34b
C.V. (%)		9,52	2,58	2,14	3,77	14,96

^{1, 2, 3} *Brachiaria brizantha* nos estádios de duas a quatro folhas, seis folhas a um afilho e um a quatro afilhos, respectivamente; ⁴ Dias após a aplicação dos herbicidas; ⁵ Médias seguidas por mesmas letras na coluna, dentro de cada dose, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior perda de produtividade de colmos nos tratamentos com a aplicação dos herbicidas na *B. brizantha* mais desenvolvida não pode ser devido à menor eficiência de controle, pois as diferenças no controle foram observadas somente nas menores doses testadas e nas primeiras épocas de avaliação (Tabela 2), e as diferenças de produtividade entre as épocas de aplicação são observadas em todas as doses testadas.

A época de aplicação de herbicidas em pós-emergência interfere na produtividade e no rendimento econômico (Berti et al., 1996). De acordo com esses

autores, com tratamento precoce, a proporção de plantas daninhas controladas e as perdas econômicas que elas geram são pequenas. No entanto, o controle precoce, quando não utilizados herbicidas que apresentam controle pré-emergente, pode possibilitar a emergência de plantas após o tratamento, o que pode ocasionar impacto econômico.

Foi comparada a produtividade de colmos de cana-de-açúcar entre os tratamentos com a menor e maior dose da mistura dos herbicidas formulados (Velpar K WG[®] + Volcane[®]) e a testemunha infestada e capinada, dentro de cada época de controle. Não houve diferença na produtividade de colmos quando realizada a capina ou aplicação da maior dose dos herbicidas (2,00 kg ou L) em todas as épocas de controle (Tabela 3). A produtividade obtida quando não realizado o controle da *B. brizantha* foi menor.

Comparando os tratamentos com o controle da *B. brizantha* pela capina manual e sem o controle, observamos que a produtividade foi limitada em 45,67; 38,89 e 38,72% para a primeira, segunda e terceira época de controle, respectivamente, evidenciando a grande influência negativa causada por essa espécie daninha na produtividade da cultura.

Tabela 3. Produtividade de colmos de cana-de-açúcar em função do método de controle da *Brachiaria brizantha* em diferentes estádios de desenvolvimento

Tipo de controle	Época de controle		
	2 a 4 folhas	6 folhas a 1 perfilho	1 a 3 perfilhos
Testemunha infestada	53,34 c ²	57,55 b	54,75 b
Herbicidas – 1,00 kg ou L ¹	86,48 b	93,68 a	63,43 b
Herbicidas – 2,00 kg ou L ¹	110,37 a	103,39 a	94,60 a
Testemunha capinada	98,18 ab	94,17 a	89,34 a
C.V. (%)	17,13	14,98	10,56

¹ Mistura dos herbicidas Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) + Volcane[®] (MSMA); ² Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando o controle da *B. brizantha* com subdoses da mistura dos herbicidas formulados Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) + Volcane[®] (MSMA) observou-se, aos 7 DAH, aumento do controle da espécie daninha com o aumento das doses dos herbicidas quando esses foram aplicados na segunda época de aplicação (*B. brizantha* com seis folhas a um perfilho). Nas demais épocas de aplicação não houve efeito das doses dos herbicidas no controle da espécie daninha, com controle acima de 90%

(Figura 1). O efeito de controle rápido deve-se ao mecanismo de ação do MSMA, pois esse herbicida possui efeito de contato (Procópio et al., 2010).

Na avaliação de controle realizada aos 21 DAH observou-se relação linear positiva entre a dose dos herbicidas e o controle da *B. brizantha*, com exceção dos herbicidas aplicados quando a espécie daninha encontrava-se em maior estágio de desenvolvimento, em que não houve diferença entre as doses aplicadas e o controle da *B. brizantha*, mantendo o controle de 99,15% independentemente da dose aplicada (Figura 1). Esses resultados demonstram a eficiência de controle das plantas daninhas com doses reduzidas de herbicidas, considerando que a utilização de menores doses de herbicida pode ser mais eficaz e mais fácil do que a utilização do nível de dano econômico para reduzir o risco de impacto ambiental desses produtos (Kim et al., 2007).

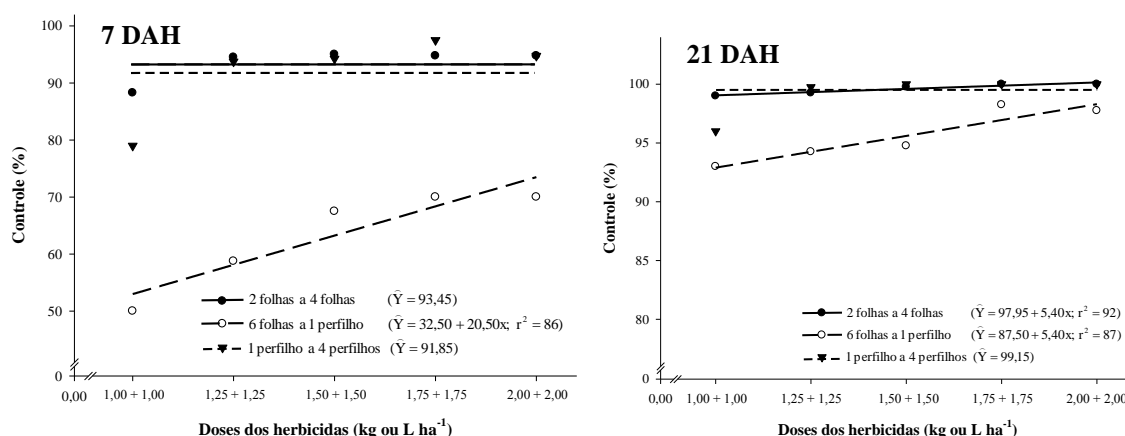


Figura 1. Controle de *Brachiaria brizantha* aos 7 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) em função de doses dos herbicidas formulados Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) + Volcane[®] (MSMA) e estádios de desenvolvimento da *B. brizantha*.

Aos 35 DAH o controle da *B. brizantha* manteve-se estável com o aumento da dose dos herbicidas quando aplicado na primeira época de aplicação. Nas demais épocas foi observada resposta exponencial do controle da espécie daninha com o aumento da dose, com maiores diferenças de controle nas menores doses e estabilizando-se nas maiores (Figura 2).

Resultados semelhantes foram observados aos 49 DAH, onde na primeira época de aplicação observou-se relação linear positiva entre as doses dos herbicidas e o controle da *B. brizantha*. No entanto, mesmo com o uso da menor dose (metade da

recomendada), o controle dessa espécie daninha foi superior a 90%, considerado eficiente. Nas demais épocas de aplicação observou-se relação não linear entre as doses dos herbicidas e o controle, com maior eficiência nas maiores doses (Figura 2).

Os menores valores de controle observados aos 35 e 49 DAH são devido ao rebrotamento das plantas que não foram controladas e pelo refluxo de emergência da *B. brizantha* após a aplicação dos herbicidas. Este último caso pode ser observado para o controle realizado na primeira época de aplicação, em que o controle foi maior após a aplicação e com o passar do tempo o efeito de controle foi menor, principalmente nos tratamentos com as menores doses. Isso pode ter ocorrido devido ao menor efeito residual dos herbicidas, pois com a aplicação da metade da dose recomendada o período de atividade do herbicida no solo é menor, não controlando a emergência da espécie daninha por muito tempo após a aplicação.

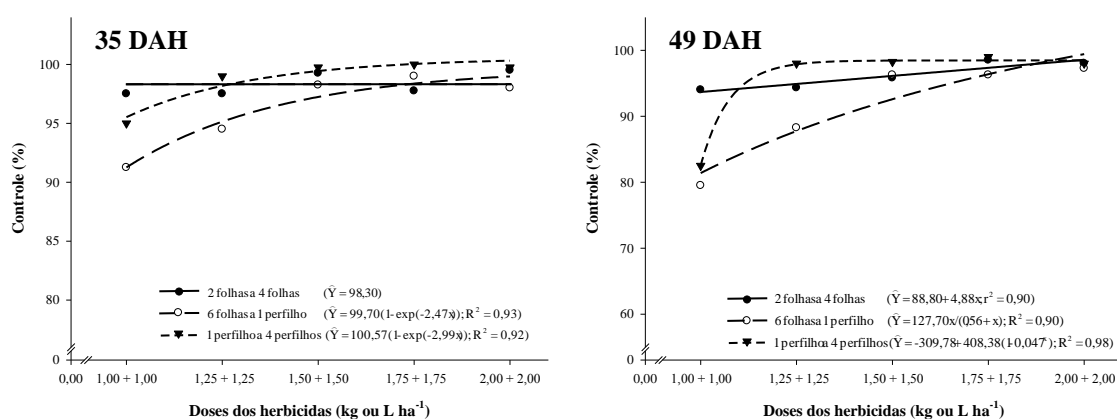


Figura 2. Controle de *Brachiaria brizantha* aos 7 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) em função de doses dos herbicidas comerciais Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) + Volcane[®] (MSMA) e estádios de desenvolvimento da *B. brizantha*.

A produtividade de colmos da cana-de-açúcar não foi influenciada pelo aumento da dose dos herbicidas nas duas primeiras épocas. No entanto, observou-se relação linear positiva entre as doses do herbicida e a produtividade da cultura na aplicação dos herbicidas quando a *B. brizantha* encontrava-se com um a quatro perfilhos (Figura 3). Isso demonstra que, mesmo com a utilização da metade da dose recomendada dos herbicidas formulados Velpar K WG[®] e Volcane[®] aplicados em associação podem proporcionar o controle eficiente da espécie daninha, desde que utilizada nas fases iniciais de crescimento.

O atraso do controle das plantas daninhas ocasionou menor produtividade da cultura em todos os tratamentos testados. Esse efeito pode ser decorrente da interferência que as plantas daninhas causaram à cultura até a época de controle. Resultados similares foram encontrados por Fleck et al. (2008), em que os decréscimos de algumas variáveis na cultura da soja refletem os efeitos decorrentes do atraso no controle do capim-marmelada.

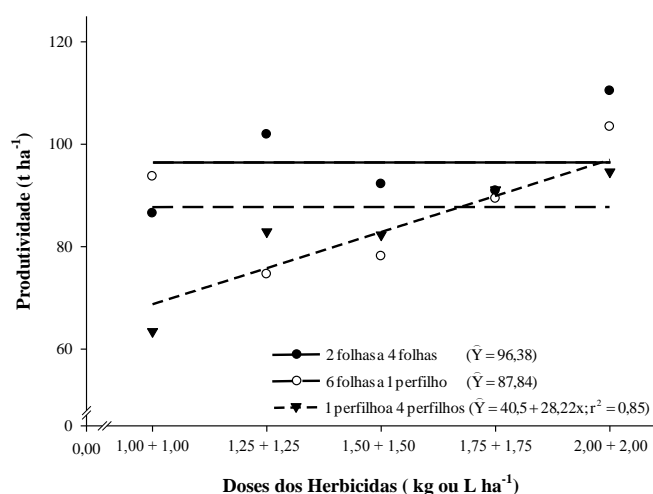


Figura 3. Produtividade de colmos de cana-de-açúcar cultivar RB867515, em função da época de controle da *Brachiaria brizantha* e doses de Velpar K WG[®] (diuron + hexazinone) + Volcane[®] (MSMA).

Com os valores de produtividade de colmos da última época de aplicação dos herbicidas foi realizado o cálculo de dose econômica ótima (DEO). A produtividade de colmos foi convertida em porcentagem com base na produtividade do tratamento que recebeu a dose recomendada dos herbicidas. Observou-se menor produtividade de colmos (t ha⁻¹) e econômica (US\$ ha⁻¹) com o aumento das doses dos herbicidas (Figura 4). Para o cálculo das perdas econômicas foi utilizado o valor pago pela tonelada de colmo na época de colheita desses de entorno de US\$ 27,00 (R\$ 47,80 considerando o dólar a R\$1,77). Para maior retorno econômico calculou-se a dose dos herbicidas em que há a maximização do lucro, calculando a dose econômica ótima (DEO) segundo Rizzardi & Fleck (2004). Segundo Dieleman et al. (1996), a decisão da melhor dose a ser usada pode ser utilizada com êxito no desenvolvimento de um programa de manejo integrado de plantas daninhas para se alcançar controle eficiente, baixo custo e menor impacto ambiental.

Os resultados demonstram que a dose econômica ótima para controle de *B. brizantha*, foi de 90% (1,8 kg ou L ha⁻¹) da dose recomendada dos herbicidas Velpar K

WG[®] e Volcane[®] aplicados em associação no controle da *B. brizantha* em estágio de desenvolvimento de um a quatro perfilhos (Figura 3). Esses resultados corroboram com os encontrados por Rizzardi & Fleck (2004) ao estudarem o controle de guaxuma e picão-preto na cultura da soja, com a redução de doses de rótulo da mistura formulada comercialmente de acifluorfen + bentazon (Doble[®]). O uso de subdoses pode diminuir a habilidade competitiva das plantas daninhas, mesmo não havendo o controle dessas, como relatado por Murphy & Lindquist (2002).

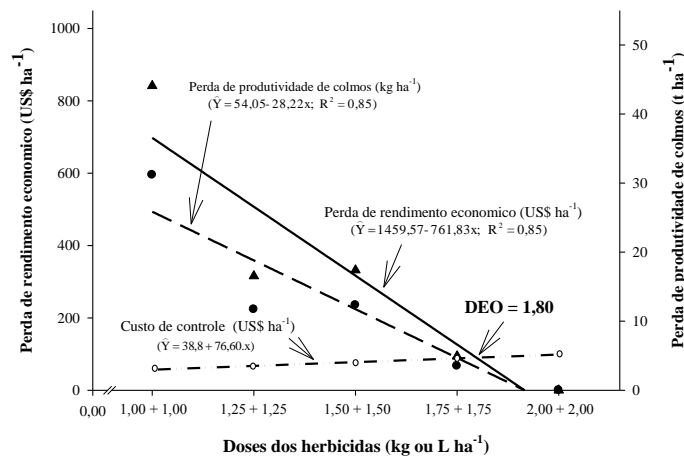


Figura 3. Perda de produtividade de colmos de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, em função de doses dos herbicidas comerciais Velpar K WG[®] (diuron+hexazinone) + Volcane[®] (MSMA) e dose econômica ótima de controle de *Brachiaria brizantha*.

Trabalhos que definem a melhor época de aplicação e doses de herbicidas aliados a outros que avaliam os períodos de interferência de plantas daninhas e que determinam os níveis de dano econômico servem de base para realização do manejo integrado das plantas daninhas nas lavouras de cana-de-açúcar. Alguns modelos matemáticos para a estimativa da dose dos herbicidas foram propostos considerando as espécies, populações e alguns fatores ambientais, tais como o nível nutricional do solo e a disponibilidade de água (Kim et al., 2002; Kim et al., 2007; Wagner et al., 2007). Com esses modelos é possível estimar doses de herbicidas que proporcionem controle eficiente das plantas daninhas reduzindo os custos de produção e, principalmente, o impacto ambiental ocasionado por esses produtos.

A *Brachiaria brizantha* é mais facilmente controlada no estágio de 2 a 4 folhas, no qual pode ser utilizada a metade da dose dos herbicidas Velpar K WG[®] e Volcane[®] aplicados em associação para o controle dessa espécie. No controle tardio da *B.*

brizantha, há comprometimento da produtividade da cultura. Nas menores doses desses herbicidas pode ocorrer a reinfestação da espécie daninha. Quando a *B. brizantha* encontra-se com um a quatro perfilhos, deve-se elevar a dose dos herbicidas, sendo a dose econômica ótima estimada em 90% da dose recomendada (1,80 kg ou L ha⁻¹) da mistura dos herbicidas comerciais Velpar K WG[®] e Volcane[®].

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

LITERATURA CITADA

BERTI, A. et al. A new approach to determine when to control weeds. **Weed Sci.**, v.44, n.3, p.496-503, 1996.

BOSTRÖM, U.; FOGELFORS, H. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines. **Weed Sci.**, v.50, n.2, p.186-195, 2002.

CARVALHO, F.T. et al. Controle de dez espécies daninhas em cana-de-açúcar com o herbicida mesotrione em mistura com ametryn e metribuzin. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.585-590, 2010.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha**, v.14, n.1, p.42-47, 1996.

DEVLIN, D. L.; LONG, J. H.; MADDUX, L. D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technol.**, v.5, n.4, p.834-840, 1991.

DIELEMAN, A. et al. Decision rules for postemergence control of pigweed (*Amaranthus* spp.) in soybean (*Glycine max*). **Weed Sci.**, v.44, n.1, p.126-132, 1996.

FLECK ET AL. Controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) em soja em função da dose e da época de aplicação do herbicida clethodim. **Planta daninha**, v.26, n.2, p.375-383, 2008.

HOLM, F. A.; KIRKLAND, K. J.; STEVENSON, F.C. Defining optimum herbicide rates and timing for wild oat (*Avena fatua*) control in spring wheat (*Triticum aestivum*). **Weed Technol.**, v.14, n.1, p.167-175, 2000.

KIM, D. S. et al. Modelling herbicide dose and weed density effects on crop:weed competition. **Weed Research**, v.42, n.1, p.1-13, 2002.

KIM, D.S. et al. Modelling interactions between herbicide dose and multiple weed species interference in crop-weed competition. **Weed Research**, v.46, n.2, p.175-184, 2006.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I - Tiririca. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p.241-251, 2000.

KUVA, M.A. et al. Período de interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.

MCMAHON, K. Herbicide contamination and the potential impact to seagrass meadows in Hervey Bay, Queensland, Australia. **Marine Pollut. Bull.**, v.51, n.1-4, p.325–334, 2005.

MEROTTO Jr., A. et al. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta daninha**, v.20, n.1, p.9-16, 2002.

MITCHELL, C. et al. Sediments, nutrients and pesticide residues in event flow conditions in streams of the Mackay Whitsunday region, Australia. **Marine Pollut. Bull.**, v.51, n.1, p.23-36, 2005.

MURPHY, C. A.; LINDQUIST, J. L. Growth response of velvetleaf to three postemergence herbicides. **Weed Sci.**, v.50, n.3, p.364-369, 2002.

OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.33-46, 2008.

PALMA, P. et al. Risk assessment of representative and priority pesticides, in surface water of the Alqueva reservoir (south of Portugal) using on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Environ. Int.**, v.35, n.3, p.545-551, 2009.

PFEUFFER, R. J.; RAND, G. M. South Florida ambient pesticide monitoring program. **Ecotoxicology**, v.13, n.3, p.195-205, 2004.

PROCÓPIO, S.O. et al. Manejo de plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar Bionergia, açúcar e álcool – Tecnologias e Perspectivas**. Editora UFV – Viçosa-MG, p.181-215, 2010.

REIS, M.R. et al. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.323-331, 2008b.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guanxuma em soja. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.117-125, 2004.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.R. **Guia de herbicidas**. 5ª ed, Londrina: Edição dos Autores, 2005. 591p.

SIKKEMA, P. et al. A Comparison of Reduced Rate and Economic Threshold Approaches to Weed Management in a Corn–Soybean Rotation. **Weed Technology**, v.21, n.3, p.647–655, 2007.

STOUGAARD, R.N.; XUE, Q. Quality versus quantity: spring wheat seed size and seeding rate effects on *Avena fatua* interference, economic returns and economic thresholds. **Weed Research**, v.45, n.5, p.351-360, 2005.

TIRONI, S. P. et al. Efeito de Herbicidas na Atividade Microbiana do Solo. **Planta Daninha**, v. 27, n.esp., p. 995-1004, 2009.

WAGNER, N.C. et al. Developing an Empirical Yield-Prediction Model Based on Wheat and Wild Oat (*Avena fatua*) Density, Nitrogen and Herbicide Rate, and Growing-Season Precipitation. **Weed Science**, v.55, n.6, p.652-664, 2007.

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

RESUMO

Os herbicidas utilizados podem causar intoxicação à cultura e também efeitos negativos nas características produtivas e na qualidade industrial da cana-de-açúcar. Neste trabalho avaliou-se os efeitos do ametryn, trifloxysulfuron-sodium, ametryn + trifloxysulfuron-sodium e sulfentrazone sobre a qualidade tecnológica e na produtividade de colmos das cultivares RB867515, SP801816, SP803280, RB937570 e RB925211. Observou-se comportamento distinto das cultivares na presença dos herbicidas, tanto para a qualidade quanto para a produtividade de colmos. A qualidade tecnológica apresentou maior variabilidade entre as cultivares do que entre os tratamentos com herbicidas que atuam diretamente na produção de colmos e indiretamente na produção de açúcar, sendo que o ametryn e o sulfentrazone causaram maiores interferências negativas. A cultivar SP803280 foi a que apresentou a menor suscetibilidade aos herbicidas.

Palavras-chave: PCC, TPH, TCH, *Saccharum* spp.

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF RAW MATERIAL OF SUGARCANE CULTIVARS SUBMITTED TO HERBICIDES APPLICATION

ABSTRACT

Herbicides may cause toxicity to the crop and also negative effects on yield characteristics and industrial quality of sugarcane. This study evaluated the effects of ametryn, trifloxysulfuron-sodium, ametryn + trifloxysulfuron-sodium and sulfentrazone on the technological quality and stem yield of cultivars RB867515, SP801816, SP803280, RB937570 and RB925211. A distinct behavior was observed for the cultivars in the presence of herbicides, both for quality as for the stem yield. The technological quality showed greater variability among cultivars than among herbicide treatments that act directly on production of stems and indirectly in the production of sugar, and the ametryn and sulfentrazone caused higher negative interference. SP803280 was the cultivar that had the lowest susceptibility to herbicides.

Key Words: PCC, TPH, TCH, *Saccharum* spp.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar está em ampla expansão no Brasil e, atualmente, ocupa uma área de aproximadamente 7,80 milhões de hectares, com produtividade média de 80 t ha⁻¹ (Conab, 2010). Para suprir a demanda dos derivados dessa cultura, como o açúcar e o etanol, é necessário aumentar ainda mais a produção. Para isso, pode-se aumentar a área de cultivo e, ou a produtividade, que está aquém do seu potencial (Conab, 2010; Kuva et al., 2003). Para aumentar a produtividade, devem-se controlar os fatores que podem interferir negativamente no desempenho da cultura, como as plantas daninhas.

Uma comunidade de plantas daninhas, com predominância de *Ipomoea hederifolia*, em cana-soca pode interferir negativamente no número de colmos e na produtividade em 34 e 46%, respectivamente (Silva et al., 2009). Essa espécie daninha pode ainda dificultar a colheita da cana-de-açúcar, principalmente na colheita de cana crua.

As plantas daninhas são responsáveis por grande limitação de produtividade da cultura, principalmente na fase inicial de desenvolvimento, pois o crescimento inicial é lento, o que torna longo o período em que o canavial deve permanecer livre da convivência com as plantas daninhas (PCPI). Esse período é variável dependendo de

algumas condições, variando entre 50 e 130 dias (Procópio et al., 2010; Kuva et al., 2000; 2003). Devido ao período em que a cultura deve permanecer livre das plantas daninhas, são utilizados herbicidas que apresentam elevado efeito residual no solo, controlando as que emergirem na área.

O controle das plantas daninhas nos canaviais é realizado, geralmente, pelo método químico. Esse método se destaca pela sua alta eficiência, praticidade e baixo custo em comparação os outros métodos de manejo (Christoffoleti et al., 2006; Kuva et al., 2003). Todavia, os herbicidas podem causar alguns efeitos negativos para o sistema produtivo, como a contaminação ambiental e os efeitos diretos e indiretos na produtividade da cultura, afetando indiretamente, por exemplo, as bactérias diazotróficas fixadoras de N, que vivem em associação com as plantas de cana-de-açúcar (Procópio et al., 2010) ou diretamente, com a intoxicação das plantas (Ferreira et al., 2005). A intoxicação das plantas de cana-de-açúcar é dependente das doses dos herbicidas, da molécula química e da cultivar de cana-de-açúcar (Galon et al., 2009b). Quando se trata de herbicidas com atividade de solo a textura do solo pode ser um fator determinante da intensidade da intoxicação das plantas de cana-de-açúcar (Azania et al., 2005).

Há grande diversidade de resultados quando testada a influência dos herbicidas na qualidade tecnológica de cultivares de cana-de-açúcar, pois Velini et al. (2000) não observaram influência da mistura dos herbicidas oxyfluorfen + ametryn na produtividade e qualidade industrial da cultivar RB72454. No entanto, Azania et al. (2005), Barela & Christoffoleti (2006) e Galon et al. (2009a) observaram alterações da qualidade industrial de algumas cultivares quando tratadas com alguns herbicidas. Acredita-se que as cultivares mais suscetíveis sofram interferência desde a fase inicial de desenvolvimento, momento em que é realizada a aplicação desses produtos. A cultura persiste em contato com esses produtos tóxicos que permanecem no solo, alterando o metabolismo e, conseqüentemente, influenciando na formação de sacarose.

Vale salientar que os efeitos causados pelos herbicidas são dependentes de vários fatores, tais como os ambientais, como a textura do solo, da molécula herbicida, das doses empregadas e das cultivares de cana-de-açúcar (Barela & Christoffoleti, 2006; Galon et al., 2009b). A época de aplicação dos herbicidas pode ser de extrema importância na intensidade de intoxicação da cultura, pois se acredita que a aplicação em estágio mais tardio pode resultar em maiores perdas, pois as plantas podem apresentar maior intoxicação, isso devido a maior área foliar e, conseqüentemente,

maior absorção dos herbicidas. Os herbicidas atuam nos processos fisiológicos, limitando a produtividade e interferindo na produção e alocação de assimilados, resultando na menor qualidade da matéria-prima dos colmos (Azania et al., 2006).

Dentre os herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar encontram-se o ametryn, o trifloxysulfuron-sodium, a mistura formulada de trifloxysulfuron-sodium + ametryn e o sulfentrazone. Esses herbicidas apresentam espectros distintos e atuam com diferentes mecanismos de ação; o ametryn é um inibidor do fotossistema II, o trifloxysulfuron-sodium é um inibidor a enzima ALS (acetolactato sintase); e o sulfentrazone é um inibidor da enzima Protoporfirinogênio oxidase (Silva et al., 2007). Deve-se possuir mais informações sobre as possíveis interferências negativas dos herbicidas na produtividade e na qualidade tecnológica dos colmos das cultivares de cana-de-açúcar. Com esse conhecimento, pode-se fazer a escolha do melhor produto para ser utilizado para maximizar a produtividade de colmos e a lucratividade do produtor.

Os herbicidas utilizados na cana-de-açúcar, principalmente aqueles aplicados após a emergência da cultura, podem causar intoxicação às plantas de forma diferenciada entre cultivares, principalmente na fase inicial do desenvolvimento (Ferreira et al., 2005). Também podem causar efeitos negativos nas características produtivas, como redução do número de colmo e altura das plantas (Negrisoli et al., 2004), ou mesmo influenciar a qualidade industrial da cana-de-açúcar (Galon et al., 2009a).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos dos herbicidas ametryn, trifloxysulfuron-sodium e sulfentrazone sobre a qualidade tecnológica e produtividade de colmos das cultivares de cana-de-açúcar RB867515, SP801816, SP803280, RB937570 e RB925211.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação experimental da Horta Nova, Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa-MG, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial (5x5), sendo o fator A composto pelas cultivares de cana-de-açúcar RB867515, SP801816, SP803280, RB937570, RB925211, e o fator B

pelos herbicidas ametryn (2.000 g ha⁻¹ - Metrimex 500 SC[®]), trifloxysulfuron-sodium (22,5 g ha⁻¹ - Envoke[®]), trifloxysulfuron-sodium + ametryn (37,0 + 1.463 g ha⁻¹ - Krismat[®]) e sulfentrazone (750 g ha⁻¹ - Boral 500 SC[®]) mais uma testemunha sem aplicação de herbicida. As unidades experimentais foram constituídas de seis linhas da cultura com 3,0 m de comprimento com espaçamento de 1,4 m (25,2 m²).

O sistema de plantio foi convencional, com plantio de cana de ano e meio, com aração e gradagem do solo, seguida da abertura dos sulcos. A adubação foi realizada no sulco de plantio, de acordo com resultados da análise do solo (Tabela 1) e recomendações para cultura, utilizando 500 kg ha⁻¹ do adubo formulado NPK 8-28-16, mais adubação em cobertura com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de KCl.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo (0 a 20 cm) na Estação Experimental da Horta Nova, DFT/UFV

Características químicas ¹												
pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC (T)	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³						%		dag kg ⁻¹	
6,0	7,4	168	4,2	0,7	0,0	4,46	5,33	5,33	9,79	54	0	2,4
Características físicas ¹												
Argila			Silte		Areia grossa		Areia Fina		Classificação textural			
%												
47			32		7		14		Argiloso			

¹ Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. pH: em água, relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: extrator KCl – 1 mol L⁻¹. H + Al: extrator acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0. SB: soma de bases trocáveis. CTC (t): Capacidade de troca catiônica efetiva. CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0. v: saturação de bases. m: saturação de alumínio. MO: matéria orgânica = C.org x 1,724 – Walkley-Black.

A densidade de plantio foi de 18 gemas por metro. A aplicação dos herbicidas foi realizada em pós-emergência da cultura, quando essa se encontrava em estágio médio de 4 folhas totalmente expandidas.

A aplicação dos herbicidas foi realizada utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂ munido com barra de 1,5 m, com três pontas de aplicação da série XR 110.03, espaçados a 0,5 m, calibrado para aplicar o equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda herbicida.

Aos 415 dias após o plantio da cana-de-açúcar, na segunda quinzena do mês de julho, foi realizada a estimativa de produtividade colmos de cana-de-açúcar. Para isso, procedeu-se a contagem do número de colmos contidos nas unidades experimentais e, posteriormente, foram coletados aleatoriamente 30 colmos de cada unidade experimental. Esses colmos foram limpos (retirada a palha) e em seguida quantificada a massa. Sabendo a quantidade de colmos contidas na área experimental e o peso médio dos colmos, estimou-se a produtividade dos colmos por hectare.

Após a pesagem, foram coletadas, aleatoriamente, dez colmos de cada unidade experimental. Esses colmos foram levados ao laboratório de análises tecnológicas de cana-de-açúcar da Usina Jatiboca, localizada no município de Urucânia-MG, onde foram realizadas as quantificações dos variáveis: sólidos solúveis totais – brix (%), pureza de caldo (%), fibra (%) e sacarose aparente – PCC. A produtividade de açúcar ($t\ ha^{-1}$) foi estimada pela fórmula: $TPH = [(TCH \times PCC)/100]$, em que TPH = tonelada de açúcar por hectare; TCH= toneladas de colmos por hectare; e PCC = porcentagem sacarose. Os procedimentos analíticos e os cálculos adotados na avaliação da qualidade da matéria-prima seguiram os métodos descritos por Caldas (1998) e Fernandes (2003).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo significativo a esse teste aplicou-se o teste de Duncan para avaliar os efeitos dos fatores de forma isolada e da interação dos mesmos. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas interações entre os fatores cultivares e herbicidas para as variáveis Brix, fibra, PCC, POL e pureza do caldo. No entanto, esses fatores atuaram de forma isolada nas referidas variáveis. Para a produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TPH) houve interação entre os fatores estudados.

Os teores de sólidos solúveis totais (Brix) não diferiram entre as cultivares estudadas (Tabela 2). Essa variável quantifica todos os açúcares contidos no caldo, como a sacarose e os açúcares redutores, por isso, pode ser pouco informativa, pois o carboidrato de maior interesse para a produção de açúcar comercial é a sacarose, os demais carboidratos não são convertidos em açúcar na industrialização.

A cana-de-açúcar encontra-se com a maior qualidade industrial quando alcança o máximo de concentração de sacarose no caldo. A sacarose é convertida a partir dos açúcares redutores como a glicose e frutose. Antes que haja essa conversão a variável Brix pode ser máxima, pois leva em consideração todos os açúcares presentes no caldo, sendo uma variável de baixa confiabilidade quando se trata da qualidade industrial dos colmos de cana-de-açúcar. Os teores do Brix do caldo das cultivares estudadas podem até não ser diferentes, porém pode haver alterações na concentração da sacarose devido às características de cada cultivar.

Entre as cultivares estudadas, observou-se diferença entre os teores de fibras nos colmos. As cultivares RB937570 e RB925211 apresentaram menores teores, as demais

cultivares não apresentaram diferença entre si (Tabela 2). A quantidade de fibra nos colmos das plantas é uma variável pouco influenciada pelos fatores ambientais, sendo uma característica genética de cada cultivar.

A variável porcentagem de sacarose (PCC) apresentou-se diferente entre as cultivares estudadas, com maiores valores para as cultivares RB937570 e SP803280 e menores valores para a RB925211 e a RB867515. Os menores valores de PCC indicam menor rendimento industrial na produção de açúcar ou álcool. Essas diferenças podem estar relacionadas às características intrínsecas de cada cultivar, considerando que algumas cultivares apresentam ciclo precoce, em que os açúcares redutores são convertidos a sacarose no início da safra. A cultivar RB925211, apesar de ser considerada uma cultivar de maturação precoce, apresenta naturalmente menor quantidade de sacarose, quando comparada com as demais cultivares estudadas (Ridesa, 2010). As cultivares de ciclo mais tardio, como a RB867515, apresentam menores porcentagem de sacarose, indicando que os açúcares redutores haviam sido convertidos em menor proporção à sacarose nessas cultivares até a colheita.

Tabela 2. Qualidade tecnológica em cultivares de cana-de-açúcar, dada pelos teores de sólidos solúveis totais (Brix), fibra, porcentagem de sacarose (PCC) e pureza do caldo

Cultivares	Brix (%)	FIBRA (%)	PCC (%)	PUREZA (%)
SP803280	20,56 a ¹	10,96 a	15,24 ab	87,60 ab
SP801816	20,42 a	11,02 a	15,01 bc	86,88 ab
RB937570	19,87 a	10,10 b	15,67 a	88,32 a
RB925211	20,67 a	9,69 b	14,58 cd	85,47 bc
RB867515	19,88 a	10,75 a	14,32 d	84,77 c

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

A variável pureza do caldo apresentou-se com pouca variação; a cultivar RB937570 apresentou maior valor numérico, que não diferiu dos valores das cultivares SP303280 e SP801816. Os menores valores de pureza foram observados no caldo dos colmos das cultivares RB925211 e RB867515 (Tabela 2). A pureza do caldo representa a proporção de sacarose entre os açúcares totais contidos no caldo. Os menores valores representam menor proporção de sacarose e maior proporção dos açúcares redutores. Nesse caso, as cultivares com menor valor de pureza apresentam maior quantidade de açúcar redutor, como é o caso do caldo do colmo da cultivar RB867515, que provavelmente apresentou menor valor de pureza por ser uma cultivar de maturação

mais tardia. Nesse caso, a conversão dos açúcares redutores para sacarose não estava em estágio menos avançado.

Quanto à interferência dos herbicidas estudados na qualidade industrial dos colmos de cana-de-açúcar, não houve alterações significativas nas variáveis brix, fibra e PCC por esses compostos (Tabela 3). A pureza do caldo foi uma das variáveis influenciada negativamente pela mistura do trifloxysulfuron-sodium + ametryn quando comparado com a testemunha (Tabela 3). A interferência causada por esse tratamento pode ser devida à ação conjunta dos herbicidas, que quando aplicados isoladamente não causaram alterações na composição do caldo. O herbicida trifloxysulfuron-sodium atua inibindo a rota metabólica dos aminoácidos de cadeia ramificada. A ação desse herbicida nas plantas de cana-de-açúcar pode causar pequenas alterações fisiológicas nas plantas, que tornam mais lentos o processo de conversão de açúcares redutores em sacarose, dessa forma, as plantas tratadas com esse herbicida podem apresentar menor pureza.

Alguns herbicidas como hexazinone, metribuzin, tebuthiuron e amicarbozone não causaram nenhuma interferência na qualidade industrial em algumas cultivares de cana-de-açúcar (Souza et al., 2009). No entanto, em outros trabalhos foram observados efeitos de herbicidas nas variáveis de qualidade (Azania et al., 2005; Galon et al., 2009a).

Tabela 3. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, dada pelos teores de sólidos solúveis totais (Brix), fibra, porcentagem de sacarose (PCC) e pureza do caldo

Tratamentos	Brix (%)	FIBRA (%)	PCC (%)	PUREZA (%)
Testemunha	20,00 a ¹	10,36 a	14,95 a	87,50 a
Trifloxysulfuron-sodium	20,02 a	10,42 a	14,70 a	84,87 b
Trifloxysulfuron-sodium + ametryn	20,45 a	10,32 a	14,75 a	86,02 ab
Ametryn	20,56 a	10,59 a	15,27 a	87,16 ab
Sulfentrazone	20,23 a	10,39 a	15,02 a	86,90 ab

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

A aplicação em pós-emergência tardia dos herbicidas metribuzin e isoxaflutole, isolados ou em mistura, interferiram nas variáveis brix e pureza do caldo (Azania et al., 2005). Os herbicidas ametryn e trifloxysulfuron-sodium mais a mistura de ambos causaram a redução dos valores das variáveis brix, fibras, PCC e pureza do caldo nas dez cultivares de cana-de-açúcar em que foram aplicados (Galon et al., 2009a).

Nesse mesmo trabalho foi observado que, diferentemente das demais variáveis, a pureza do caldo é afetada de forma distinta, dependendo do herbicida e da cultivar avaliada (Galon et al., 2009a).

Houve interação significativa entre os fatores cultivares e herbicidas para a variável produtividade de colmos (tonelada de colmos por hectare – TCH) e produtividade de açúcar (toneladas de açúcar por hectare – TPH) (Tabela 4 e 5).

Para a variável TCH, comparando o fator cultivares, não foi observado diferença quando não houve aplicação de herbicidas (Tabela 4). Todas as cultivares apresentaram o mesmo potencial produtivo, atingindo alta produtividade.

No entanto, as cultivares apresentaram diferença de produtividade quando tratados com os herbicidas (Tabela 4). Nos tratamentos com aplicação do trifloxysulfuron-sodium, a produtividade da cultivar RB867515 foi superior às demais, que apresentaram semelhança entre si. Esses resultados demonstram a especificidade de efeitos entre os herbicidas e cultivares de cana-de-açúcar (Ferreira et al., 2005; Galon et al., 2009a), que nesse caso a RB867515 apresentou-se mais tolerante ao trifloxysulfuron-sodium.

Nos tratamentos com a mistura do trifloxysulfuron-sodium + ametryn, a cultivar RB937570 destacou-se com a maior produtividade de colmos. Para o tratamento com ametryn aplicado isoladamente a produtividade das cultivares RB937570 e RB867515 foram superiores às demais (Tabela 4). Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Galon et al. (2009a), esses observaram que dentre as dez cultivares de cana-de-açúcar tratadas com os herbicidas trifloxysulfuron-sodium, ametryn e mistura formulada dessas moléculas, cinco cultivares não sofreram influência na produtividade, entre elas as cultivares RB937570 e RB867515. Nesse mesmo trabalho foi observado que somente a cultivar RB865156 apresentou menor produtividade quando tratado com qualquer um dos herbicidas.

A intoxicação da cultivar de cana-de-açúcar RB835089 pelos herbicidas tebuthiuron e as misturas tebuthiuron + diuron e diuron + ametryn limitaram a produção de colmos em 11, 17 e 5,5 t ha⁻¹, respectivamente (Montório et al., 2005).

Nos tratamentos com o sulfentrazone as cultivares que apresentaram maior produção de colmos foram a SP803280 e a RB937570 (Tabela 4). Tais resultados podem ser esperados devido à suscetibilidade diferencial dos cultivares de cana-de-açúcar aos diferentes herbicidas (Ferreira et al., 2005).

Tabela 4. Produtividade de colmos por hectares (TCH) de cana-de-açúcar em função das cultivares e herbicidas

Herbicidas	Cultivares				
	SP803280	SP801816	RB937570	RB925211	RB867515
	-----TCH (ha ⁻¹)-----				
Testemunha	173,9 Aa ¹	169,4 Aa	183,0 Aa	176,3 Aa	166,7 Ab
Trifloxysulfuron-sodium	153,7 Ba	161,0 Bab	147,7 Bb	140,9 Bbc	187,7 Aa
Trifloxysulfuron-sodium + Ametryn	160,1 Ba	164,9 Bab	176,4 Aa	150,4 Bb	163,8 Bb
Ametryn	156,5 Ba	128,5 Ccd	184,5 Aa	117,6 Ccd	181,6 ABa
Sulfentrazone	178,8 Aa	111,5 Dd	157,8 ABab	129,8 CDcd	140,4 BCb

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

A produção de açúcar por hectare (TPH) é obtida pela relação entre a produtividade de colmos e o teor de açúcar recuperável.

Comparando o fator cultivares, dentro de cada fator herbicida, na testemunha sem aplicação de herbicida, observou-se menor TPH na cultivar RB867515, em comparação com as demais cultivares (Tabela 5). Essa menor produção pode ser explicada pelo fato das cultivares apresentarem ciclos de maturação distintos, e a cultivar RB867515 apresenta maturação tardia. Sendo assim, na época da colheita, essa cultivar apresentava menor teor de sacarose e provavelmente maior teor de açúcares redutores.

Quanto aplicado o herbicida trifloxysulfuron-sodium a produtividade de açúcar foi similar para todas as cultivares, com exceção da RB925211 que produziram menos, demonstrando que tal cultivar pode ser mais sensível a essa molécula herbicida.

Na presença da mistura formulada dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryn duas cultivares foram menos produtivas, RB925211 e RB867515 e as demais não apresentaram diferenciação de produtividade de açúcar (Tabela 5).

Nos tratamentos com aplicação do ametryn a produtividade de açúcar das cultivares estudadas apresentou grande variação, destacando-se as cultivares RB937570, RB867515 e SP801816, as duas primeiras como mais produtivas e a última como menor produtividade. O ametryn, quando aplicado em pós-emergência inicial da cultura de cana-de-açúcar não interferiu na produtividade de colmos das dez cultivares estudadas. No entanto, o trifloxysulfuron-sodium limitou a produtividade das cultivares RB72454, RB835486 e RB855156 na proporção de 12, 23 e 17%, respectivamente (Galon et al., 2009a). As cultivares SP803280 e RB937570 apresentaram maior produtividade do que as demais quando tratadas com sulfentrazone.

Quando observado o fator herbicida dentro de cada cultivar de cana-de-açúcar para a variável TPH, observa-se que essa variável não foi influenciada pelos herbicidas

na SP803280, que apresentou mesma produtividade para todos os tratamentos, com e sem herbicida (Tabela 5).

A cultivar SP801816 apresentou menor produtividade de açúcar quando tratada com os herbicidas ametryn e sulfentrazone. Os demais herbicidas não influenciaram essa variável, sendo que os valores não diferiram da testemunha sem herbicida (Tabela 5).

A TPH foi menor nos tratamentos que receberam a aplicação dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e trifloxysulfuron-sodium + ametryn para a cultivar RB937570. Os demais herbicidas não interferiram na TPH dessa cultivar, com valores semelhantes aos da testemunha sem herbicida.

Para a cultivar RB925211 verificou-se que todos os herbicidas estudados afetaram negativamente na produtividade de açúcar, com valores abaixo do tratamento sem aplicação de herbicida. No entanto, essa produtividade foi semelhante para todos os tratamentos que receberam herbicida (Tabela 5). Esse resultado demonstra a sensibilidade da referida cultivar a todos os herbicidas estudados.

A cultivar RB867515 apresentou maior produtividade de açúcar nos tratamentos em que recebeu a aplicação dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e ametryn, considerando que o tratamento com aquele herbicida apresentou maior valor de produtividade do que a testemunha (Tabela 5). Esse resultado é atribuído a maior produtividade dos tratamentos com esses herbicidas, pois a variável POL não foi afetada pelos herbicidas em questão.

Tabela 5. Tonelada de açúcar por hectare (TPH), em função das cultivares e herbicidas

Herbicidas	Cultivares				
	SP803280	SP801816	RB937570	RB925211	RB867515
	TPH (t ha ⁻¹)				
Testemunha	26,77 Aa ¹	25,11 Aa	28,46 Aa	25,27 Aa	20,49 Bb
Trifloxysulfuron-sodium	23,33 ABa	23,17 ABab	22,83 ABb	19,94 Bb	26,95 Aa
Trifloxysulfuron-sodium + ametryn	23,83 ABa	25,58 Aa	27,97 Ab	19,94 Bb	20,36 Bb
Ametryn	24,06 Ba	19,57 Cbc	28,69 Aa	17,90 Cb	27,18 ABa
Sulfentrazone	27,78 Aa	16,50 Bc	24,63 Aab	19,77 Bb	19,58 Bb

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Para as cultivares com maturação tardia, os herbicidas podem atuar no estímulo de conversão de açúcares redutores em sacarose, aumentando a TPH, como os efeitos observados pelo herbicida glyphosate, utilizado como maturador de cana-de-açúcar

(Leite et al., 2009). Esse efeito pode ocorrer devido a alterações fisiológicas das plantas e ação das moléculas herbicidas, como é o caso da ação do glyphosate, que é utilizado como maturador de cana-de-açúcar (Viana et al., 2007).

A cultivar RB867515 apresenta elevada tolerância a herbicidas, como observado em estudos onde foram utilizados vários produtos. Essa tolerância é atribuída a grande capacidade da cultivar em recuperar-se das injúrias provocadas pelos herbicidas (Barela & Christoffoleti, 2006; Galon et al., 2009a; Galon et al., 2009b).

Esses resultados mostram, de forma geral, maior efeito negativo dos herbicidas ametryn e sulfentrazone na produtividade da cana-de-açúcar. No entanto, alguns cultivares apresentaram-se menos influenciados por esses herbicidas. A seletividade diferencial entre herbicidas e cultivares de cana-de-açúcar foi demonstrada em vários estudos (Ferreira et al., 2005; Barela & Christoffoleti, 2006; Galon et al., 2009b). Também foram observadas diferentes respostas entre herbicidas e cultivares na qualidade tecnológica da material prima da cana-de-açúcar (Galon et al., 2009a).

Os herbicidas, na maioria dos casos, reduziram o valor de TPH, não por afetar a concentração de sacarose da cultura, mas por atuar na redução da produtividade de colmos. Resultados semelhantes foram encontrados por Galon et al. (2009a), que observaram que os herbicidas ametryn e trifloxysulfuron-sodium afetaram os valores de TCH e, conseqüentemente, a TPH nas cultivares RB855156, RB835486 e RB855113.

Com base nos resultados, conclui-se que as cultivares apresentaram respostas distintas à aplicação dos herbicidas quanto às características relacionadas à qualidade da matéria prima. A qualidade tecnológica apresentou maior variabilidade entre as cultivares do que entre os tratamentos com herbicidas. Os herbicidas tiveram efeito mais direto na produção de colmos, e indiretamente na produção de açúcar. Os herbicidas ametryn e sulfentrazone causaram maiores interferências negativas. A cultivar SP803280 apresentou-se como menor suscetibilidade aos herbicidas estudados.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e ao Laboratório da Usina Jatiboca pela realização das análises.

LITERATURA CITADA

AZANIA, C. A. M. et al. Seletividade de herbicidas. II – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 669-675, 2005.

AZANIA, C. A. M. et al. Seletividade de herbicidas. III – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época da estiagem. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 489-495, 2006.

BARELA, J.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB 867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.371- 378, 2006.

BARELA, J.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.24, p.371-378, 2006.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria do Açúcar e do Álcool no Estado de Alagoas, 1998. 422 p.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.83-90, 2006.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. 2010, 15p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: 2006. 412 p.

FERNANDES, P. C. R. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

FERREIRA, E.A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, v.23, p.93-99, 2005.

GALON, L. et al. de Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009a.

GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.27, n.5, p.1083-1093, 2009b.

KUVA, M. A. et al. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 549-557, 2008.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2000.

KUVA, M.A. et al. Período de interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.

LEITE, G.H.P. et al. Maturadores e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar variedade RB855453 em início de safra. **Bragantia**, v.68, n.3, p.781-787, 2009.

MONTÓRIO, G. A. et al. Seletividade de herbicidas sobre as características de produção de cana-de-açúcar utilizando-se suas testemunhas. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.4, n.1, p.1-9, 2005.

NEGRISOLI, E. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.22, p.567-575, 2004.

PROCÓPIO, S.O. et al. Manejo de plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar Bionergia, açúcar e álcool – Tecnologias e Perspectivas**. Editora UFV – Viçosa-MG, p.181-215, 2010.

PROCÓPIO, S.O. et al. Efeitos de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar sobre a fixação biológica do nitrogênio in vitro da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*. XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, **Anais...**, Ribeirão Preto- SP, p.2484-2488, 2010.

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Ridesa, Curitiba – PR, 2010. 136p.

SILVA, A.A. et al. Herbicidas: Classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A.A. & SILVA, J.F. (Editores). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2007. 367p.

SILVA, I.A.B. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.265-272, 2009.

SOUZA, J.R. et al. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v.68, n.4, p.941-951, 2009.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 123-134, 2000.

VIANA, R.S.; MUTTON, M.A.; BARBOSA, V.; DURIGAN, A.M.P.R. Maturadores químicos na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) aplicados em final de safra. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.2, p.100-108, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A infestação de *Brachiaria brizantha* em canaviais deve ser manejada de forma integrada, utilizando os vários métodos de controle disponíveis. Entre esses métodos deve-se dar atenção especial ao cultural, com uso de cultivares que apresentam maior habilidade competitiva associadas a práticas de manejo que possibilitem maior vigor para a cultura. Nesse caso, a utilização de subdoses de herbicidas pode ser uma alternativa para reduzir os custos de produção, a intoxicação da cultura e a contaminação ambiental. Todavia, para implementar com segurança esse tipo de manejo torna-se necessário estudos básicos sobre nível de dano econômico (NDE), o qual esta associado a cultivares e as condições ambientais.

Neste trabalho, considerando os danos causados pelas populações de *B. brizantha*, para cada cultivar, pode-se estimar o nível de dano econômico (NDE), que é o nível de infestação que justifique economicamente a adoção de um método de controle. O NDE foi atingido com a população de 0,33, 0,46 e 0,66 planta de *B. brizantha* por m² para as cultivares RB867515, RB72454 e SP801816, respectivamente. A maior produtividade de colmos, o maior preço pago pelos colmos, a maior eficiência do herbicida e o menor custo de controle diminuem a população de *B. brizantha* necessária para atingir o NDE.

Constatou-se que o controle da *B. brizantha* é mais eficiente quando os herbicidas são aplicados nas plantas daninhas jovens (estádio de 2 a 4 folhas), que pode ser utilizada a metade da dose dos herbicidas Velpar K WG[®] e Volcane[®] aplicados em

associação para o controle dessa espécie. No controle tardio da *B. brizantha* há comprometimento da produtividade da cultura pela competição exercida a plantas daninhas até o controle. Com a aplicação de subdoses desses herbicidas nas plantas daninhas mais desenvolvidas o controle é ineficiente, ocorrendo o rebrote da espécie daninha. Quando a *B. brizantha* encontra-se com um a quatro perfilhos deve-se elevar a dose dos herbicidas, sendo a dose econômica ótima estimada em 90% da dose recomendada da mistura dos herbicidas comerciais Velpar K WG[®] e Volcane[®].

Deste modo, com a associação dos métodos cultural e químico pode-se realizar o manejo eficiente das plantas daninhas com redução de custos na cultura da cana-de-açúcar. A utilização de cultivares com maior habilidade competitiva, tomando a decisão de controle das plantas daninhas com base no NDE e utilizando baixas doses de herbicidas pode ser o caminho para reduzir os custos de manejo das plantas daninhas nos canaviais, reduzir a intoxicação da cultura e o impacto ambiental pelos herbicidas.