

RONALDO MATIAS REIS

**PRODUTIVIDADE E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SORGO
SACARINO CULTIVADO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2014

RONALDO MATIAS REIS

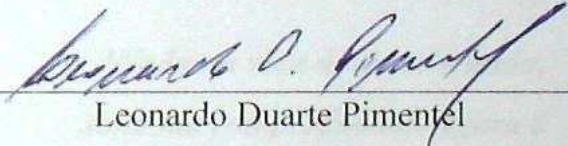
PRODUTIVIDADE E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SORGO
SACARINO CULTIVADO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS

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

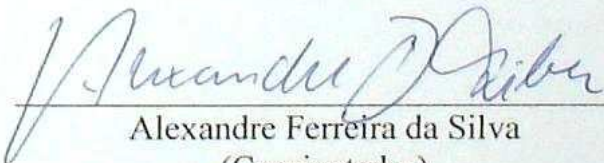
APROVADA: 28 de julho de 2014.



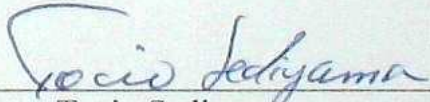
Marcelo Rodrigues dos Reis



Leonardo Duarte Pimentel



Alexandre Ferreira da Silva
(Coorientador)



Tocio Sedyama
(Orientador)

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R375p
2014
Reis, Ronaldo Matias, 1989-
Produtividade e manejo de plantas daninhas no sorgo
sacarino cultivado em diferentes arranjos de plantas. / Ronaldo
Matias Reis. – Viçosa, MG, 2014.
ix, 56f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Tocio Sedyama.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Sorgo sacarino - Cultivo. 2. Ervas daninhas - Manejo.
3. Herbicidas. 4. Cana- de açúcar. 5. Álcool como combustível.
6. Energia - Fontes alternativas. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação
em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.62

Aos meus pais, José Raimundo e Elisabete, por toda confiança e incentivo.

A minha irmã Rosana, pela qual tenho grande orgulho e admiração.

Ofereço e dedico.

***“Nada na vida deve ser temido,
somente compreendido. Agora é
hora de compreender mais para
temer menos.”***

(Marie Curie)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, pela saúde e pela força para a conclusão de mais uma etapa da vida.

Aos meus pais, José Raimundo dos Reis e Elisabete Marcolina Ferreira dos Reis, pelo apoio e pela dedicação durante toda a minha vida.

À minha irmã Rosana Maria Reis que sempre acreditou no caminho que escolhi.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realizar esse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

Ao meu Orientador Prof. Tocio Sedyama, pelas oportunidades concedidas, pela amizade, pela dedicação e pela orientação na realização desse trabalho.

Aos Coorientadores, Prof. Antonio Alberto da Silva e o Pesquisador Alexandre Ferreira da Silva pela orientação e amizade durante estes anos de convivência, e pelas oportunidades a mim oferecidas.

Ao Prof. Marcelo Rodrigues dos Reis e ao Prof. Leonardo Duarte Pimentel que aceitaram o convite para participação na banca de defesa e acrescentaram em muito na finalização deste trabalho.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon pelas sugestões nos cálculos estatísticos.

Ao amigo Daniel Valadão Silva que tanto contribuiu para minha formação acadêmica e pela colaboração e incentivo nesse trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Herbicidas: Felipe P. Carvalho, Matheus de Freitas Souza, Guilherme P. Queiroz, Gustavo A. M. Pereira, Ana Beatriz R. J. Passos, Renan Rodrigues Braga, Christiane A. D. Melo, Fernanda A. R. Guimarães, Hellen M. Silveira, João Carlos Madalão, Isadora Garcia Siebert, Wendel M. Souza, Douglas T. Saraiva, Camila Andrade Fialho, Cristiane da Silva Felício, Laís Araújo Faustino, Gustavo Soares da Silva, Gefferson P. Paixão, Christiano da C. de Matos, Lucas H. Barcellos Júnior pela amizade, pelo convívio e pelo auxílio na execução desse trabalho.

Ao Centro de Pesquisa e Melhoramento da Cana-de-açúcar (CECA) por disponibilizar toda a infraestrutura necessária para a extração do caldo do sorgo sacarino.

Aos amigos de República Autieres Teixeira e Marcony Ramos pelo ótimo convívio, pelos conselhos e pelos muitos ensinamentos.

Aos amigos Valdinei A. Gonçalves e Rafael da Silva Filipe pela amizade e pelo companheirismo.

Ao técnico em Agropecuária Luis Henrique Lopes de Freitas pela amizade e dedicação na execução dos experimentos.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

ÍNDICE

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. LITERATURA CITADA	5
3. PRODUTIVIDADE E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SORGO SACARINO CULTIVADO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS	7
3.1 RESUMO	7
3.2 ABSTRACT	8
3.3 INTRODUÇÃO.....	9
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.6 CONCLUSÕES	26
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
4. COMPORTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE SORGO SACARINO SOB APLICAÇÕES DE HERBICIDAS.....	30
4.1 RESUMO	30
4.2 ABSTRACT	31
4.3 INTRODUÇÃO.....	32
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.6 CONCLUSÕES	52
4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	56

RESUMO

REIS, Ronaldo Matias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Produtividade e manejo de plantas daninhas no sorgo sacarino cultivado em diferentes arranjos de plantas.** Orientador: Tocio Sedyama. Coorientadores: Antonio Alberto da Silva e Alexandre Ferreira da Silva.

O sorgo sacarino pode se tornar importante alternativa para produção de etanol na entressafra da cana-de-açúcar. Para isso, serão necessários ajustes no arranjo das plantas de sorgo no campo, para utilização de toda a infraestrutura e logística disponíveis nas usinas de etanol que utilizam a cana-de-açúcar como matéria prima. Além do ajuste do espaçamento de cultivo do sorgo sacarino às máquinas colhedoras de cana-de-açúcar, outro fator a ser pesquisado refere-se ao manejo de plantas daninhas. O sorgo se caracteriza por possuir crescimento inicial lento o que o torna muito susceptível à interferência das plantas daninhas na fase inicial de crescimento. Este fato é agravado devido à baixa eficiência dos herbicidas registrados para controle de plantas daninhas gramíneas. Na busca de soluções para esses problemas, nessa pesquisa foram avaliados os efeitos de arranjos de plantas associado a aplicação de herbicidas sobre a dinâmica das plantas daninhas, crescimento e produtividade do sorgo sacarino. O experimento foi realizado em condições de campo, sendo avaliados três arranjos de plantas com espaçamentos de 0,25 m, 0,45 m e 0,45-0,45-0,90 m, mantendo-se a população de 120.000 plantas por hectare em todos os espaçamentos, os quais foram ou não associados a aplicação de herbicidas. Aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas foram avaliadas a intoxicação visual das plantas, o controle das plantas daninhas e coleta de dados para os estudos fitossociológicos da comunidade infestante. A matéria fresca, altura de plantas, diâmetro de colmo, massa de caldo e °Brix do caldo do sorgo foram avaliados no momento da colheita, 120 dias após sementeio. Também avaliou-se as características química do caldo quanto as concentrações de sacarose, glicose e frutose, por cromatografia líquida de alta eficiência. Para os estudos fitossociológicos, as populações de plantas daninhas foram analisadas por meio de cálculos de densidade, frequência e abundância relativa, índice de valor de importância (IVI) e índice de similaridade (IS). Conclui-se que, a redução no espaçamento entre linhas do sorgo sacarino aumenta a massa fresca da cultura e a aplicação da mistura de herbicidas pode ser opção no manejo de plantas daninhas no sorgo sacarino, principalmente, objetivando o controle de gramíneas. No entanto, doses acima de 960 g

ha⁻¹ de s-metolachlor em mistura com atrazine podem comprometer o crescimento e produtividade do sorgo sacarino. As espécies *Cyperus esculentus* e *Oxalis latifolia* demonstram ser mais tolerantes aos herbicidas aplicados, tendo em vista que apresentaram maiores valores IVI, independente do tratamento avaliado.

ABSTRACT

REIS, Ronaldo Matias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Productivity and weed management in a cultivated sorghum at different plants arrangements.** Adviser: Tocio Sedyama. Co-advisers: Antonio Alberto da Silva and Alexandre Ferreira da Silva.

The sweet sorghum can become an important alternative for ethanol production in the sugar cane offseason. For this, adjustments will be necessary in the arrangement of sorghum plants in the field, to use all the available infrastructure and logistics in ethanol plants that use sugar cane as raw material. Besides adjusting the spacing of sweet sorghum cultivation machinery harvesters sugar cane, another factor to be researched refers to weed management. Sorghum is characterized by its slow initial growth which makes it very susceptible to weed competition in the early stage of growth. This fact is compounded by low efficiency of herbicides registered for weed control grasses. In the search for solutions to these problems, this research evaluated the effects of plant arrangements associated with application of herbicides on weed dynamics, sweet sorghum growth and yield. The experiment was conducted under field conditions and evaluated three plant arrangements with spacings of 0.25 m, 0.45 m 0,45 - 0,45 - 0,90 m, keeping the population of 120,000 plants per hectare in all spacings, which were either not associated with herbicide application. At 7, 14 and 28 days after herbicide application visual intoxication plants, weed control and data collection for phytosociological studies of weed community were evaluated. The fresh weight, plant height, stem diameter, mass of broth and °Brix of the sorghum stock were evaluated at harvest, 120 days after sowing. It also assessed chemical characteristics of the broth as the concentrations of sucrose, glucose and fructose, by high performance liquid chromatography efficiency. For phytosociological studies, weed populations were analyzed by calculations of density, frequency and abundance relative importance value (IVI) and similarity index (SI). We conclude that the reduction in sweet sorghum spacing increases the fresh culture weight and the application of the herbicide mixture may be an option in the management of weeds in sorghum, mainly aimed at controlling grasses. However, doses above 960 g ha⁻¹ s-metolachlor and atrazine mixture may compromise the growth and productivity of sweet sorghum. The *Cyperus esculentus*

and *Oxalis latifolia* species shown to be more tolerant to herbicides, considering that showed higher IVI values, independent of treatment assessed.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é nativo do continente Africano, provavelmente da região da Etiópia, onde se encontra a maior variabilidade em espécies silvestres e cultivadas (Adugna & Bekele, 2013). Atualmente, o sorgo é o quinto cereal mais importante no mundo, precedido pelo trigo, arroz, milho e cevada (FAO, 2012). É utilizado como principal fonte de alimento em grande parte dos países da África, da Ásia e da América Central, além de importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, na Austrália e na América do Sul (Borém, 2005).

A espécie *Sorghum bicolor* abrange cinco morfotipos de sorgo cultivado: granífero, forrageiro, sacarino, vassoura e biomassa. Existe ainda outras espécies de importância agrônômica, *Sorghum halepense*, *Sorghum arundinaceum* e *Sorghum verticilliflorum*, porém como plantas daninhas (De Wet & Harlan, 1971). Os morfotipos de sorgo cultivados são anuais e diferem entre si pelo porte da planta e pela panícula (aberta ou compacta) e pela partição relativa das estruturas de reservas (alocação de fotoassimilados no colmo e no grão) (Fornasier Filho, 2009).

No Brasil, em virtude do aumento da demanda por etanol, o sorgo sacarino tem sido considerado importante alternativa na geração de biomassa para a produção desse biocombustível, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar (May et al., 2012). Durante pelo menos quatro meses do ano, os canaviais apresentam menor concentração de sacarose nos colmos devido ao intenso crescimento vegetativo no verão. Neste período, as usinas produtoras de etanol não operam pela falta de matéria-prima. Dessa maneira, o cultivo de sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar tem potencial para diminuir a ociosidade das máquinas das usinas, visto que os mesmos equipamentos de moagem, fermentação e destilação utilizados na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar podem ser empregados para a fabricação de etanol a partir do sorgo (Albuquerque et al., 2012). Além disso, o sorgo sacarino apresenta ciclo curto, 90 a 120 dias, tolerância a períodos de seca e pode ser cultivado em todo o centro-sul, onde se concentra 92 % da produção de etanol brasileira (CONAB, 2013).

O sorgo sacarino armazena açúcares diretamente fermentáveis no colmo, com concentração de 8 a 20 %, ao invés de produzir uma panícula com alta produção de sementes (McBee et al., 1988). Alguns pesquisadores (Smith & Buxton, 1993; Bennett & Anex, 2009; Guigou et al., 2011) relatam que os açúcares solúveis em sorgo sacarino têm potencial para produzir até 8.000 litros de etanol por hectare, ou seja, duas vezes o

potencial de produção de grãos de milho e 30 % maior do que a média de produtividade da cana-de-açúcar brasileira, a qual é de aproximadamente 6.000 L ha⁻¹ (CONAB, 2013). Outro argumento favorável ao sorgo seria o aproveitamento dos resíduos sólidos produzidos (bagaço) como combustível para geração de calor e energia e para produção de etanol à base de celulose (Guigou et al., 2011). Isto seria de grande importância na redução dos custos da produção de etanol a partir de sorgo sacarino e na estabilidade dos preços desse biocombustível durante o ano (May et al., 2012).

Por outro lado, a expansão das áreas cultivadas com sorgo sacarino depende de tecnologias adaptadas para o setor sucroenergético. Neste sentido, o controle de plantas daninhas tem sido um dos principais gargalos da cultura. O sorgo sacarino apresenta desenvolvimento inicial lento, sendo muito susceptível à interferência das plantas daninhas entre os estádios de desenvolvimento V3 e V11 (Silva et al., 2013). Além disso, o manejo das plantas daninhas desta cultura tem sido dificultado pela falta de herbicidas seletivos, principalmente para o controle de gramíneas. No Brasil, o ingrediente ativo atrazine é utilizado na maioria das áreas de sorgo, direcionado ao controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência inicial da cultura, entretanto, o atrazine apresenta espectro de ação limitado a um número relativamente pequeno de gramíneas (Rodrigues & Almeida, 2011).

Em outros países, o s-metolachlor possui registro para aplicação em sorgo, sendo obrigatório o uso de protetores (safeners) (Ellis et al., 1980; Gronwald et al. 1987). No Brasil não existem protetores registrados para uso na cultura do sorgo, tornando difícil e oneroso o controle de gramíneas nessa atividade (Coelho et al., 1989). No entanto, acredita-se que aplicações do s-metolachlor após a emergência da cultura do sorgo, quando as plantas daninhas estão no processo inicial de emergência, possa ser uma alternativa viável para o controle de gramíneas para essa cultura (Brighenti et al., 2012).

O s-metolachlor tem ação no início do desenvolvimento das plantas, sendo absorvido na região do coleótilo das gramíneas e hipocótilo das dicotiledôneas (Silva et al., 2007). Nessas regiões as células encontram-se pouco desenvolvidas e não apresentam cera na cutícula. Após a emergência, as plantas de sorgo em início do desenvolvimento, tornam-se mais tolerantes ao s-metolachlor, devido a sua ação tóxica acontecer, principalmente, no processo de emergência das plântulas (Rodrigues & Almeida, 2011). Todavia, existem poucos estudos sobre o efeito do s-metolachlor no desenvolvimento do sorgo sacarino, especialmente, relacionados à produção de caldo e

acúmulo de açúcares diretamente fermentáveis, que são fatores importantes na produção de etanol.

O manejo cultural do sorgo sacarino pode influenciar na interferência das plantas daninhas, uma vez que o arranjo de plantas de sorgo deve ser alterado em função das características do maquinário de colheita. Nas usinas de produção de etanol, a colhedora de cana-de-açúcar vem sendo utilizada na colheita do sorgo sacarino. Dessa maneira, o espaçamento de plantas de sorgo deve obedecer à bitola entre as esteiras da máquina e a distância entre os molinetes de alimentação frontal (May et al., 2012). Já um maior número de linhas por hectare pode ser adotado em áreas que serão colhidas com ensiladeira de milho.

A disposição das plantas na área tem grande importância na interceptação e eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa em produção de biomassa. Muitos autores observaram que o rendimento do sorgo sacarino é diretamente afetado pelo número de linhas por hectare (Albuquerque et al., 2012; May et al., 2012, Snider et al., 2012). Mantendo-se a densidade de plantas constante, a redução no espaçamento entre linhas aumenta a distância entre plantas na linha de semeadura, proporcionando um arranjo mais equidistante dos indivíduos nas áreas de cultivo, contribuindo, dessa forma, para a melhor interceptação da radiação solar (May et al., 2012). Além disso, a utilização de espaçamentos reduzidos entre as fileiras, propiciam melhor utilização dos recursos do ambiente pela cultura, favorecendo uma rápida cobertura do solo e, conseqüentemente, o domínio e a vantagem da cultura sobre as plantas daninhas (Bianchi et al., 2010).

Dessa maneira, os levantamentos das comunidades de plantas daninhas fornecem inferências sobre o impacto das tecnologias utilizadas no sistema de produção, além de permitir identificar os pontos fracos do sistema (Erasmio et al., 2004). No levantamento florístico, além da identificação das espécies infestantes, há também a necessidade da análise quantitativa dessas espécies, que se denomina de estudo ou método fitossociológico (Braun-Blanquet, 1979). Este método fornece dados específicos das espécies presentes, como frequência, densidade e abundância, além do índice de valor de importância (IVI). Segundo Pitelli (2000), os índices fitossociológicos são importantes para avaliar os efeitos que os sistemas de manejo e as práticas agrícolas exercem sobre a dinâmica de crescimento e ocupação de comunidades infestantes em agroecossistemas.

Com o propósito de avaliar, em condições de campo, os efeitos de arranjos de plantas de sorgo sacarino associado ou não à aplicação de herbicidas no crescimento e produtividade da cultura, bem como, no comportamento fitossociológico das plantas daninhas realizou-se este trabalho.

2. LITERATURA CITADA

ADUGNA, A.; BEKELE, E. Geographical distribution and phenotypic diversity of wild/weedy sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Ethiopia: implications for germplasm conservation and crop-wild gene flow. **Plant Genetic Resources**, v. 11, n.1, p. 68-76, 2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.1, p.69-85, 2012.

ANTCZAK, M. S. et al. Enzymatic biodiesel synthesis – key factors affecting efficiency the process. **Renewable Energy**, v.34, p.1185-1194, 2009.

BENNETT, A. S.; ANEX, R. P. Production, transportation and milling costs of sweet sorghum as a feedstock for centralized bioethanol production in the upper Midwest. **Bioresource Technology**, v.100, p.1595-1607, 2009.

BIANCHI, M. A. et al. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, v.28, p.979-991, 2010.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5ª ed. Editora UFV, Viçosa, MG, 2005. 525p.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979. 820p.

BRIGHENTI, A. M. et al. Seletividade de herbicidas à cultura do sorgo. In: **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 29, 2012, Águas de Lindóia, Anais... Águas de Lindóia: SBMS, 2012. p. 1092-1096.

COELHO, J. P. et al. Efeito de antídotos na atividade das cloroacetanilidas sobre plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Ceres**, v.36, p.226-240, 1989.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, Acompanhamento da safra brasileira – **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Segundo levantamento, agosto, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf>. Acesso em: 31 maio 2014.

DE WET, J. M. J.; HARLAN, J. R. The Origin and Domestication of *Sorghum bicolor*. **Economic Botany**, v.25, n.2, 1971.

ELLIS, J. F. et al. Effectiveness of a new safener for protecting sorghum (*Sorghum bicolor*) from metolachlor injury. **Weed Science**, v.28, n.1, p.1-5, 1980.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.195-201, 2004.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO Statistics Division 2012**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 31 maio 2014.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do sorgo**. Editora FUNEP, Jaboticabal, SP, 2009. 202p.

GRONWALD, J. W. et al. Effect of herbicides antidotes on glutathione content and glutathione s-transferase activity of sorghum shoots. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.29, p.66-76, 1987.

GUIGOU, M. et al. Bioethanol production from sweet sorghum: Evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.3058-3062, 2011.

HAN, K. L. et al. Agronomic considerations for sweet sorghum biofuel production in the South-Central USA. **Bioenergy Research**, v. 5, p. 748-758, 2012.

MAY, A. et al. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p.278-290, 2012.

MCBEE, G. C. CREELMAN, R. A., MILLER, F. R. Ethanol yield and energy potential of stems from a spectrum of sorghum biomass types. **Biomass**, v.17, p.203-211, 1988.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Jornal Conserb**, v.1, n.2, p.1-7, 2000.

RATNAVATHI, C. V. et al. Sweet sorghum as feedstock for biofuel production: a review. **Sugar Technology**, v.13, n.4, p.399-407, 2011.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina: UEL, 2011. 697p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. 260p.

SILVA, et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. In: **Congresso Brasileiro de Agronomia**, v.28, 2013, Cuiabá. Segurança alimentar e nutricional: Anais... Cuiabá: CONFAEAB: AEAMT, 2013. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca>>. Acesso em: 03 jul. 2014.

SNIDER, J. L.; RAPER, R. L.; SCHWAB, E. B. The effect of row spacing and seeding rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiod-sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Industrial Crops and Products**, v.37, p.527-535, 2012.

SMITH, G. A.; BUXTON, D. R. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. **Bioresource Technology**, v.43, p.71-75, 1993.

ZHAO, Y. L. et al. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. **Field Crops Research**, v.111, p.55-64, 2009.

3. PRODUTIVIDADE E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SORGO SACARINO CULTIVADO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS

3.1 RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos de arranjos de plantas e dos herbicidas atrazine e s-metolachlor sobre o crescimento e a produtividade do sorgo sacarino, cultivar BRS 506. O experimento foi realizado em condições de campo no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas avaliados os espaçamentos entre linhas (0,25 m, 0,45 m e 0,45-0,45-0,90 m) e nas subparcelas os métodos de controle das plantas daninhas [atrazine (2000 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1440 g ha⁻¹), capina manual e ausência de controle]. A população de 120.000 plantas por hectare foi mantida em todos os espaçamentos. O controle das plantas daninhas e a intoxicação visual do sorgo sacarino aumentam linearmente com o incremento das doses do s-metolachlor. O crescimento da cultura é afetado negativamente pela aplicação da mistura (atrazine + s-metolachlor), principalmente nas doses 1200 e 1440 g ha⁻¹ de s-metolachlor. A combinação de atrazine e s-metolachlor afeta negativamente o °Brix e as concentrações de sacarose e açúcares totais do caldo. A magnitude desses efeitos depende da dose aplicada do s-metolachlor. O espaçamento entre linhas de 0,25 m proporciona maior produtividade de matéria fresca e de °Brix do caldo do sorgo sacarino, além de não afetar a altura de planta e diâmetro de colmo na época de colheita. Os teores de glicose e frutose do caldo são reduzidos pela aplicação dos herbicidas no espaçamento combinado de 0,45-0,45-0,90 m. Conclui-se que, a mistura (atrazine + s-metolachlor) apresenta potencial para o controle de plantas daninhas em sorgo sacarino, todavia, doses acima de 960 g ha⁻¹ de s-metolachlor em mistura com atrazine podem reduzir o crescimento e produtividade do sorgo sacarino.

Palavras-chave: Sorghum bicolor, s-metolachlor, atrazine, biocombustível

PRODUCTIVITY AND WEED MANAGEMENT IN A CULTIVATED SORGHUM AT DIFFERENT PLANTS ARRANGEMENTS

3.2 ABSTRACT

The study aim to evaluate the effects of plant and atrazine and s-metolachlor herbicides arrangements on sweet sorghum growth and productivity, cultivar BRS 506. The experiment was conducted under field conditions in a randomized block design with four repetitions. The treatments were arranged in split plots, with the plots assessed spacing (0.25 m, 0.45 m 0,45-0,45-0,90 m) and the sub methods of weed control [atrazine (2000 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 720 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 960 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 1200 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 1440 g ha⁻¹), manual weeding and lack of control]. The population of 120,000 plants per hectare was maintained at all spacings. The weed control and sweet sorghum visual intoxication increase linearly with increasing doses of s-metolachlor. The crop growth is adversely affected by the application of the mixture (atrazine + s-metolachlor), especially in doses 1200 and 1440 g ha⁻¹ s-metolachlor. The combination of s-metolachlor and atrazine adversely affect °Brix and sucrose concentrations and total sugars in the broth. The magnitude of these effects depends on the s-metolachlor applied dose. The spacing of 0.25 m produced higher fresh weight and °Brix of sweet sorghum stock, and does not affect the plant height and stem diameter at harvest time. The levels of glucose and fructose broth is reduced by the herbicides application in combination 0,45-0,45-0,90 m spacing. It is concluded that the mixture (s-metolachlor + atrazine) has potential for weed control in sorghum, however, s-metolachlor doses above 960 g ha⁻¹ within atrazine mixture can reduce growth and productivity sweet sorghum.

Keyword: Sorghum bicolor, s-metolachlor, atrazine, biofuel

3.3 INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] é uma importante alternativa na geração de matéria prima para a produção de etanol, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar (May et al., 2012). O ciclo curto, 90 a 120 dias, facilidade de mecanização e altos teores de açúcares fermentescíveis presentes nos colmos são vantagens do uso do sorgo sacarino (Ratnavathi et al., 2010). Por outro lado, a expansão das áreas cultivadas com sorgo sacarino depende de tecnologias adaptadas para o setor sucroenergético. Neste sentido, o controle de plantas daninhas tem sido uma das principais dificuldades da cultura.

O sorgo apresenta desenvolvimento inicial lento e é muito susceptível à interferência das plantas daninhas nos primeiros 30 dias após a emergência. Entretanto, o manejo das plantas daninhas desta cultura tem sido dificultado pela falta herbicidas seletivo, principalmente no controle de gramíneas. No Brasil, apenas o ingrediente ativo atrazine possui registro para aplicação em pré e pós-emergência inicial na cultura do sorgo, sendo seu controle eficaz em um número relativamente pequeno de gramíneas (Rodrigues & Almeida, 2011).

A associação do atrazine com outros herbicidas, como o mesotrione (Timossi, 2009), tembotrione (Bollman et al., 2008) e nicosulfuron (Rizzardi et al., 2008), tem sido utilizada para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. No caso do sorgo, aplicações do s-metolachlor após a emergência da cultura, quando as plantas daninhas estão no processo inicial de germinação, pode ser uma alternativa viável para o controle de gramíneas para essa cultura (Brighenti et al., 2012). Todavia, existem poucos estudos sobre o efeito do s-metolachlor no desenvolvimento do sorgo sacarino, especialmente, relacionados à produção de caldo e acúmulo de açúcares diretamente fermentáveis, que são fatores importantes na produção de etanol.

A infraestrutura e a logística das usinas de cana-de-açúcar são compatíveis com o processamento do sorgo sacarino, desde que a distribuição das plantas no campo seja ajustada às características da colhedora de cana-de-açúcar (May et al., 2012). Entretanto, alterações no espaçamento entre linhas podem comprometer o rendimento da cultura, uma vez que a interceptação da radiação solar pelas plantas está estreitamente relacionada com a produtividade do sorgo (Albuquerque, 2009). Nos trabalhos de May et al. (2012) e Albuquerque et al. (2012), observaram aumento na produção de matéria fresca do sorgo sacarino pela redução nos espaçamentos e na

densidade de semeadura. Além disso, Albuquerque et al. (2012) verificaram relação linear entre o teor de sólido solúveis ($^{\circ}$ Brix) do caldo e os espaçamentos entre linhas de sorgo sacarino, sendo que o aumento de 1 cm no espaçamento promoveu acréscimo de 0,011 $^{\circ}$ Brix do caldo.

Conhecer a composição do caldo extraído dos colmos do sorgo sacarino possibilita avaliar a viabilidade do uso da espécie como matéria prima para a produção de etanol (Borges et al., 2010). Isto seria de grande importância na redução dos custos da produção de etanol e na estabilidade dos preços desse biocombustível durante o ano, aumentando a sustentabilidade da atividade (May et al., 2012).

Deste modo, objetivou-se avaliar os efeitos de arranjos de plantas de sorgo sacarino e aplicação em pós-emergência de atrazine e s-metolachlor sobre o crescimento e produtividade de sorgo sacarino, bem como, a composição do caldo extraído.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os meses de novembro de 2013 a março de 2014 no campo experimental Prof. Diogo Alves de Melo, localizado nas coordenadas geográficas 20 $^{\circ}$ 46'05'' de latitude e 45 $^{\circ}$ 52'09'' de longitude, a uma altitude de aproximadamente 650 m, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. O clima da região é subtropical úmido com inverno seco e verão quente, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 21 $^{\circ}$ C e precipitação pluvial média anual de 1.200 mm. Os dados climáticos coletados próximos a área experimental durante a realização da pesquisa estão apresentados na Figura 1.

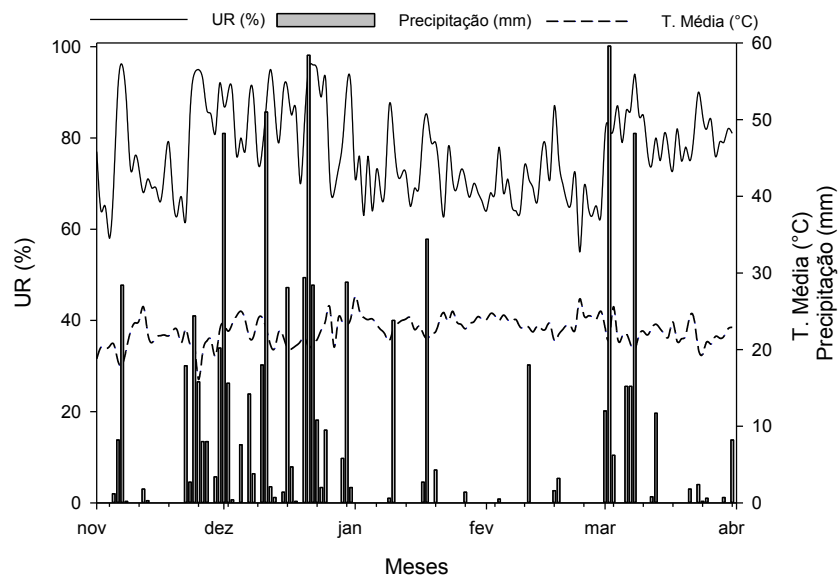


Figura 1. Precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar (UR) e temperatura média do ar (T. Média) durante o período de 01 de novembro a 31 de março de 2014. Viçosa, MG.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013) (Tabela 1). Na adubação de plantio foram aplicados 300 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N-P-K) distribuídos diretamente na linha de plantio do sorgo. A adubação de cobertura foi de 300 kg ha⁻¹ de ureia, aplicados aos 20 dias após a emergência das plantas.

Tabela 1. Condições de fertilidade e física do solo da área experimental aos 30 dias antes do semeio do sorgo sacarino. Viçosa, MG, 2014

pH	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	t	T	MO	P-rem
	mg dm ⁻³			-----cmol _c dm ⁻³ -----					dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
5,5	26,8	94	2,49	0,56	0,00	5,50	3,29	8,55	3,58	22,7
	Areia			Silte			Argila			
	-----%			-----%			-----%			
	25,7			17,4			56,9			

Extratores: pH - H₂O; P e K - Mehlich 1; Ca, Mg, Al - KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas utilizados os espaçamentos entre linhas (0,25 m, 0,45 m e 0,45-0,45-0,90 m) e nas subparcelas os métodos de controle das plantas daninhas [atrazine (2000 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1440 g ha⁻¹)], capina manual e ausência de controle. A combinação de espaçamentos de 0,45-0,45-0,90 m consta de linhas triplas com 0,45 m de espaçamento entre linhas e 0,90 m de espaçamento entre linhas triplas, necessário para o rodado da colhedora de cana-de-açúcar transitar caso essa opção de colheita seja utilizada.

A variedade de sorgo sacarino utilizada na pesquisa foi a BRS 506. O preparo do solo foi realizado com uma aração, uma gradagem e enxada-rotativa, sendo posteriormente abertos os sulcos com auxílio de um escarificador hidráulico. Foram semeadas 140.000 sementes ha⁻¹ e após a emergência do sorgo, seis dias após semeadura, realizou-se o desbaste das plantas com auxílio de uma régua graduada, de modo a estabelecer população de 120.000 plantas ha⁻¹, para todos os espaçamentos avaliados. Cada subparcela experimental no espaçamento de 0,25 m apresentou 11 linhas de sorgo sacarino, sendo que a área útil constituiu-se das seis linhas centrais,

totalizando 4,5 m² (1,5 x 3 m). No espaçamento de 0,45 m e na combinação de espaçamentos (0,45-0,45-0,90 m), foram demarcadas subparcelas de 2,7 x 4,2 m com seis linhas de sorgo sacarino, sendo a área útil formada pelas quatro linhas centrais, totalizando 5,4 m² (1,8 x 3 m).

A aplicação dos herbicidas foi realizada 11 dias após a emergência (DAE) do sorgo, entre os estádios de desenvolvimento 1 e 2 do sorgo sacarino. Para isso, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 2,5 kgf cm⁻², equipado com barra de quatro pontas TT 110.02, espaçadas de 50 cm, a uma altura de 50 cm em relação ao solo e volume de calda de 120 L ha⁻¹. A aplicação foi realizada entre 07:00 e 09:00 horas, sob temperatura de 21,8 °C, umidade relativa do ar de 80% e velocidade média do vento de 6 km h⁻¹.

Em função da baixa precipitação nos meses de janeiro e fevereiro e, da maior exigência hídrica das plantas de sorgo sacarino na fase de pleno crescimento, foram realizadas irrigações semanais, repondo a água do solo até a capacidade de campo. Para o manejo da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi utilizado o inseticida deltametrine na dose de 5 g ha⁻¹. A aplicação do inseticida foi realizada 40 DAE, quando 20 % das plantas apresentavam sintomas visuais de ataque da praga.

O controle das plantas daninhas foi avaliado aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), utilizou-se escala notas de controle, cujos valores variam entre zero % (ausência de controle) e 100% (sem plantas daninhas). Além disso, nas mesmas datas determinaram-se a intoxicação visual das plantas de sorgo utilizando-se escala de notas de 0 a 100 %, cujo 0 corresponde a ausência de sintomas de intoxicação e 100 % a morte das plantas.

A colheita das plantas de sorgo sacarino foi realizada 120 DAE, quando as sementes da panícula encontravam-se no estágio farináceo. Todas as plantas da parcela útil foram pesadas em balança digital, para a determinação da matéria fresca total. Foram amostradas 10 plantas de cada parcela para as avaliações de altura de planta (distância da superfície do solo até a ponta da panícula) e diâmetro de colmo (no terço médio das plantas), além disso, foram retiradas as folhas e panículas das plantas amostradas e os colmos foram triturados com ensiladeira.

Uma amostra de 0,5 kg de colmos triturados foi utilizada na extração do caldo, utilizou-se prensa hidráulica com pressão mínima e constante de 250 kgf cm⁻² sobre a amostra, durante um minuto. Após a extração, determinou-se a massa de caldo e este foi

filtrado em papel filtro (0,2 mm de espessura), além disso, uma alíquota de 80 μL foi coletada para determinação do teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) em refratômetro manual. Uma amostra de 80 mL do caldo foi armazenada em refrigerador a (2°C), após a adição de 20 mL de álcool (80%) a 70°C de temperatura. O teor de sacarose, glicose e frutose foram determinados pela High Performance Liquid Chromatography (HPLC).

As amostras de caldo foram retiradas do refrigerador oito horas antes da análise cromatográfica, para aclimação do caldo a temperatura ambiente ($20\text{-}23^{\circ}\text{C}$). Depois, as amostras foram diluídas em água deionizada (1:10) e filtradas com auxílio de microfiltros (PTFE $0,45\ \mu\text{m}$ da MilliPore) e seringas para dentro dos vials e, posteriormente, injetadas no HPLC. Utilizou-se o detector por espalhamento de luz evaporativo (ELSD –LT II, Shimadzu), coluna Aminex HPX-87H ($300 \times 7,8\ \text{mm}$) e a temperatura do drift tube de 30°C . A fase móvel usada foi água deionizada com fluxo de $0,8\ \text{mL min}^{-1}$ e tempo de corrida de oito minutos. O tempo de retenção foram os seguintes: Sacarose, 5,6 min; glicose, 6,6 min; frutose, 7,2 min. Os reagentes utilizados para a preparação da curva analítica foram: D-[+]-glicose (Sigma Chemical Company, St. Louis, MO, USA), β -D[-] frutose (Sigma Chemical Company, St. Louis, MO, USA) e D [+] sacarose (Sigma Chemical Company, St. Louis, MO, USA).

O bagaço úmido retirado da prensa após a extração do caldo foi pesado e seco em estufa de circulação de ar forçado a 70°C durante 72 horas. O teor de fibra e a produtividade estimada de etanol foram calculados pelas seguintes expressões (Consecana, 2006; Teetor et al., 2001; Institution of Japan Energy (2006) apud Zhao et al., 2010):

$$\text{Etanol (L ha}^{-1}\text{)} = \% \text{ açúcar no caldo} \times \% \text{ extração do caldo} \times \text{matéria fresca (kg ha}^{-1}\text{)} \times 0,51 \text{ (fator de conversão dos açúcares do colmo em etanol)} \times 0,85 \text{ (eficiência do processo de fermentação)}$$

Onde: % açúcar no caldo = peso de açúcar/peso do caldo; % extração do caldo = peso do caldo/ peso da amostra prensada.

$$\text{Fibra (\%)} = \frac{[(100 \times \text{PBS}) - (\text{PBU} \times \text{B})]}{[5 \times (100 - \text{B})]},$$

Onde: PBS = peso de bagaço seco; PBU = peso de bagaço úmido; B = $^{\circ}\text{Brix}$ do caldo.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey ou Dunnett a 5 % de probabilidade. Realizou-se análise de regressão visando analisar o efeito do aumento das doses do s-metolachlor

em mistura com atrazine sobre as variáveis de controle de plantas daninhas e intoxicação do sorgo sacarino.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais espécies de plantas daninhas observadas na área experimental antes da aplicação dos herbicidas foram: *Cyperus esculentus*, *Oxalis latifolia*, *Avena strigosa*, *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Urochloa plantaginea*, *Raphanus raphanistrum*, *Commelina benghalensis*, *Eragrotis pilosa*, *Setaria geniculata*, *Siegesbeckia orientalis*, *Stemodia trifoliata*, *Nicandra physaloides*, *Emilia sonchifolia* e *Coronopus didymus*.

Foi constatada relação linear positiva entre a porcentagem de controle de plantas daninhas e as doses de s-metolachlor aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Os herbicidas mostraram-se eficientes no controle das plantas daninhas, principalmente nas maiores doses de s-metolachlor em mistura com atrazine, pois promoveu redução da infestação mesmo os 28 DAA (Figura 2).

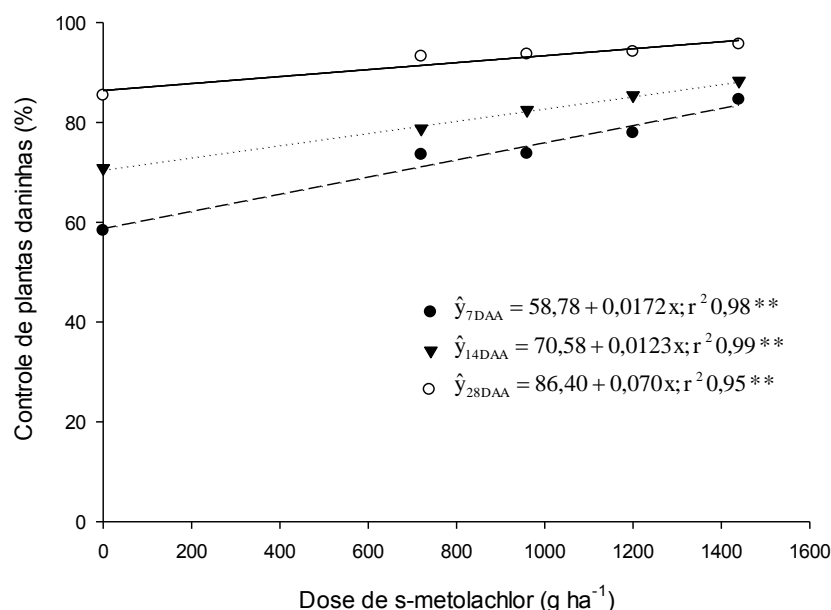


Figura 2. Porcentagem de controle de plantas daninhas em cultivo de sorgo sacarino, BRS 506, aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação de diferentes doses de s-metolachlor em mistura com atrazine (2000 g ha⁻¹).

A aplicação isolada de atrazine na dose de 2000 g ha⁻¹ apresentou porcentagem de controle acima de 80 % aos 28 DAA. O atrazine é um herbicida eficiente no controle de dicotiledôneas, no entanto, diversas espécies de gramíneas são tolerantes a esse herbicida, como por exemplo, *Digitaria horizontalis* (Jakelaitis et al., 2005), *Setaria*

faberi, *Digitaria sanguinalis* (Bahler et al., 1984), *Urochloa decumbens* (Martis et al., 2007) e *Cenchrus echinatus* (Dan et al., 2011). Na área experimental, a espécie *Avena strigosa* foi a principal planta daninha da família Poaceae, com densidade de 95,8 plantas m⁻². Dessa maneira, o atrazine apresentou alta porcentagem de controle das plantas daninhas, visto que a *A. strigosa* é uma espécie susceptível a esse herbicida. Todavia, os mesmos resultados não devem ser esperados em áreas com infestação de outras espécies de gramíneas tolerantes ao atrazine.

As plantas de sorgo sacarino apresentaram intoxicação visual pela aplicação do s-metolachlor em mistura com o atrazine, sendo que houve aumento linear da intoxicação com o aumento da dose do s-metolachlor (Figura 3). Aos 7 DAA, a porcentagem de intoxicação das plantas de sorgo tratadas com atrazine (dose zero de s-metolachlor) foi igual a 15 %, considerada baixa intoxicação. A mistura (atrazine + s-metolachlor) apresentou maior toxicidade à cultura aos 7 DAA, sendo que nas doses de 1200 e 1440 g ha⁻¹ de s-metolachlor a porcentagem de intoxicação foi superior a 50 %.

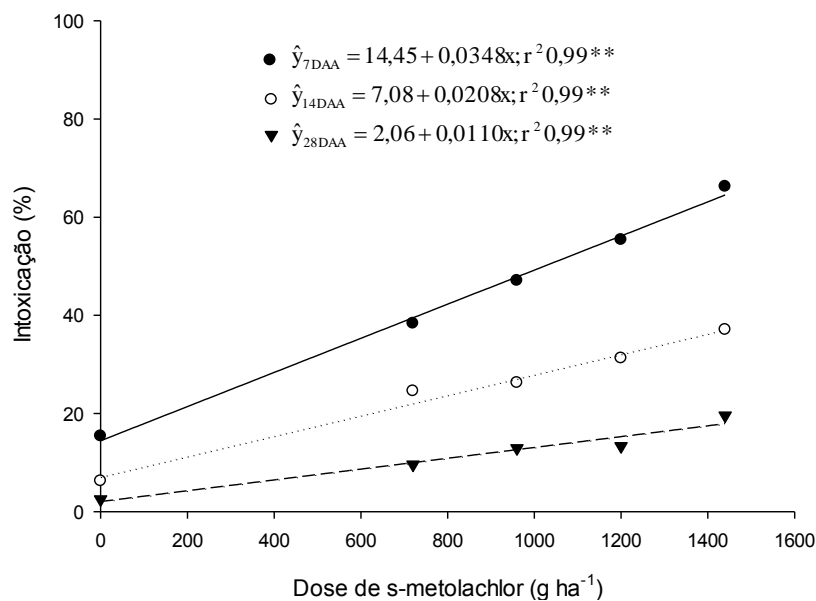


Figura 3. Porcentagem de intoxicação das plantas de sorgo sacarino, BRS 506, aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação de diferentes doses de s-metolachlor em mistura com atrazine (2000 g ha⁻¹).

As plantas de sorgo sacarino apresentaram recuperação aos sintomas visuais de intoxicação provocados pelos herbicidas. Os sintomas visuais de intoxicação do sorgo aos 14 DAA foram reduzidos nas diferentes doses do s-metolachlor, de modo que na avaliação 28 DAA, a porcentagem de intoxicação das plantas de sorgo foi inferior a 20 %, mesmo na maior dose do herbicida, 1440 g ha⁻¹ (Figura 3).

Brighenti et al. (2012) estudando a seletividade de herbicidas a cultura do sorgo, encontraram resultados semelhantes, porém em subdoses de s-metolachlor. Estes autores testaram a mistura de atrazine e s-metolachlor nas doses de 370 e 290 g ha⁻¹, respectivamente, aplicada quando as plantas de sorgo estavam com 5 a 6 folhas e verificaram intoxicação inicial do sorgo, em valores abaixo de 20 %, sendo que a altura de planta e matéria fresca não foram afetadas pelos herbicidas.

Houve interação significativa entre os níveis do fator espaçamento e do fator método de controle para os teores de glicose e frutose, a 5 e 1 % de probabilidade (Tabela 2). Observou-se efeito significativo entre espaçamentos para as variáveis matéria fresca total (MFT), massa de caldo (MC), teor de sólidos solúveis totais (°Brix), sacarose, ART e produtividade de etanol. Com relação os métodos de controle, as variáveis altura de planta (ALT), MF, °Brix, Fibra, sacarose, glicose, frutose, açúcares totais (AT) e produtividade de etanol foram afetadas significativamente.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das variáveis matéria fresca total (MFT), altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (D), massa de caldo (MC), teor de sólidos solúveis totais (°Brix), teor de fibra (Fibra), sacarose, glicose, frutose e açúcares totais (AT) e produtividade de etanol (Etanol)

F.V.	G.L	Quadrados Médios										
		MFT	ALT	D	MC	°Brix	Fibra	Sacarose	Glicose	Frutose	AT	Etanol
Blocos	3	642,02	0,011	28,29	426,55	17,42	2,302	398,97	5,596	63,413	208,00	469616,62
Espaçamento (E)	2	4688,59**	0,125 ^{ns}	4,04 ^{ns}	2051,98**	18,02**	0,888 ^{ns}	802,44*	9,032 ^{ns}	37,095 ^{ns}	1002,39**	246677,44 ^{ns}
Resíduo (a)	6	274,32	0,105	10,01	143,99	0,53	0,246	103,49	4,182	24,172	53,33	48713,09
Métodos de controle (M)	6	619,63 ^{ns}	0,113*	1,35 ^{ns}	297,60 ^{ns}	19,44**	1,593*	1644,46**	6,429**	9,157*	1616,59**	1308050,08**
E x M	12	145,73 ^{ns}	0,030 ^{ns}	6,48 ^{ns}	69,10 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,552 ^{ns}	192,15 ^{ns}	6,260**	11,542**	137,69 ^{ns}	149648,56 ^{ns}
Resíduo (b)	54	291,63	0,038	3,76	142,72	1,63	0,374	122,07	0,970	3,464	113,35	151907,18
CV (%) Parcela		18,19	9,60	15,06	19,18	6,53	4,71	26,20	37,53	45,06	13,23	15,35
CV (%) Subparcela		18,76	5,80	9,24	19,10	11,51	5,80	28,45	18,08	17,06	19,29	27,10

** Significativo a 1 % de probabilidade; *Significativo a 5 % de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5 % de probabilidade.

O plantio do sorgo sacarino no espaçamento de 0,25 m entre linhas proporcionou maior produção de biomassa, mas não afetou a altura de planta e o diâmetro de colmo na época de colheita (Tabela 3). O sorgo sacarino no espaçamento de linhas triplas apresentou matéria fresca similar ao cultivado no espaçamento de 0,45 m. Albuquerque et al. (2012), observaram que a redução do espaçamento entre linhas e o aumento da densidade de semeadura resultaram em maior produtividade de matéria fresca. May et al. (2012), verificaram a redução de 10,63 % na produção de matéria fresca de sorgo sacarino ao reduzir o espaçamento entre linhas do sorgo de 0,80 m para o espaçamento de 0,50 m. Com aumento do número de linhas por hectare, há uma melhor distribuição das plantas de sorgo na área, o que favorece maior entrada de radiação solar no dossel das plantas. Logo, o aumento da interceptação de luz no espaçamento 0,25 m entre linhas promoveu incremento nos processos metabólicos envolvidos no crescimento e no desenvolvimento do sorgo sacarino, resultando em maior produção de biomassa neste espaçamento.

Tabela 3. Matéria fresca total (MFT), altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (D), massa de caldo (MC) e fibra de plantas de sorgo sacarino. Viçosa, MG, 2014^{1/}

Espaçamento (m)	MFT (t ha ⁻¹)	ALT (m)	D (mm)	MC (t ha ⁻¹)	Fibra (%)
0,25	104,38 a	3,45 a	20,77 a	70,93 a	10,75 a
0,45	90,21 b	3,31 a	20,79 a	62,88 ab	10,48 a
0,45-0,45-0,90	78,54 b	3,39 a	21,44 a	53,92 b	10,41 a

^{1/} Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Snider et al. (2012), estudaram o efeito de arranjos de plantas na produtividade de sorgo forrageiro e observaram que o espaçamento entre linhas de 0,19 m proporcionou o maior ganho na produção de matéria seca em relação aos espaçamentos de 0,76 e 0,38 m, além disso, a altura de plantas e o diâmetro de colmos não foram afetados pelos diferentes espaçamentos. Uma provável explicação para os resultados inferiores na produção de biomassa em espaçamentos de sorgo mais amplos, como por exemplo, no espaçamento de 0,45 m e na combinação de 0,45-0,45-0,90 m, pode estar relacionada à proximidade das plantas na linha de semeadura. A maior distância entre linhas do sorgo sacarino contribui para que cada linha receba um número maior de sementes, aumentando, assim, a competição intraespecífica entre as plantas de sorgo sacarino na linha.

A massa de caldo foi maior no espaçamento de 0,25 m, com média de 70,93 t ha⁻¹, diferindo significativamente da combinação de espaçamentos, 0,45-0,45-0,90 m (Tabela 3). Nos trabalhos de May et al. (2012) e Albuquerque et al. (2012), as maiores produtividades de caldo foram obtidas no menor espaçamento de 0,5 m, sugerindo que a redução no espaçamento entre linhas é um fator que deve ser considerado para a manutenção de altas produtividades. O teor de fibra não foi afetado pelos diferentes espaçamentos (Tabela 3). May et al. (2012b), verificaram valores de fibra de 10,57 % para a cultivar BRS 506.

O °Brix do caldo foi afetado pelos espaçamentos, sendo que a maior média da variável (11,8 %) foi notada no espaçamento de 0,25 m (Tabela 4). Os valores de °Brix encontrados neste trabalho estão abaixo dos resultados obtidos por outros pesquisadores para mesma cultivar, BRS 506 (Albuquerque et al., 2012; Pereira Filho et al., 2013). A concentração dos sólidos solúveis totais dos colmos pode ter sido afetada pelo acamamento das plantas de sorgo sacarino dez dias antes da colheita, após a ocorrência de vento e chuva. O acamamento afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de fotoassimilados e sua translocação para os grãos e órgãos de reserva (Gomes et al., 2010). Durante a maturação, há intenso fluxo de fotoassimilados para o enchimento de grãos e armazenamento nos tecidos parenquimáticos dos colmos do sorgo sacarino. No entanto, o acamamento neste período pode ter reduzido a translocação de carboidratos para os colmos e, conseqüentemente, o caldo apresentou redução no °Brix.

Tabela 4. Teor de sólidos solúveis totais (°Brix), concentração de sacarose, açúcares totais (AT) e produtividade de etanol de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos. Viçosa. MG, 2014^{1/}

Espaçamento (m)	°Brix (%)	Sacarose (g L ⁻¹)	AT (g L ⁻¹)	Etanol (L ha ⁻¹)
0,25	11,8 A	38,16 ab	52,54 b	1546,50 a
0,45	10,2 C	33,87 b	50,98 b	1387,04 a
0,45-0,45-0,90	11,2 B	44,49 a	62,04 a	1380,99 a

^{1/} Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A concentração de sacarose no caldo do sorgo sacarino foi maior na combinação dos espaçamentos 0,45-0,45-0,90 m, com média de 44,49 g L⁻¹, não diferindo do espaçamento entre linhas de 0,25 m (Tabela 4). Resultados encontrados por Almodares

& Hadi (2009) para 36 cultivares de sorgo sacarino indicam concentração de sacarose entre 7,26 e 16,06 %.

A maior concentração de açúcares totais (sacarose, glicose e frutose) foi encontrada na combinação de espaçamentos de 0,45-0,45-0,90 m, com média de 63,04 g L⁻¹ (Tabela 4). Teetor et al. (2011) analisando a concentração de açúcares totais no caldo de sorgo sacarino em quatro épocas de semeio no Arizona, Estados Unidos, verificaram concentração média de açúcares variando de 132,3 a 153,7 g L⁻¹. Os baixos valores de açúcares totais deste trabalho podem estar relacionados ao acamamento das plantas de sorgo 10 dias antes da colheita, conforme discutido anteriormente, visto que há correlação positiva entre o °Brix do caldo e a concentração total de açúcares no caldo de sorgo sacarino (Tsuchihashi & Goto, 2004; Davila-Gomes et al., 2011). Davila-Gomes et al. (2011) verificaram concentrações de açúcares totais (sacarose, glicose e frutose) no caldo de sorgo sacarino, cultivado no nordeste do México, variando de 112,96 e 102,00 g L⁻¹ e para as cultivares de sorgo forrageiro a concentração de açúcares variou de 75,72 a 92,24 g L⁻¹. A cultivar BRS 506 apresenta concentração de açúcares totais inferior as cultivares BRS 511, BRS 508 e BRS 509, desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento de Sorgo - CNPMS para produção de etanol (May et al., 2012b).

O potencial de produção de etanol, calculado pelo total de matéria fresca (Tabela 2) e o teor de açúcar no caldo das plantas de sorgo sacarino, não foi afetado pelos espaçamentos entre linha do sorgo sacarino (Tabela 4). A produtividade de etanol foi de 1549,19 L ha⁻¹ no espaçamento de 0,25 m, 1387,04 L ha⁻¹ no espaçamento de 0,45 m e 1380,99 L ha⁻¹ na combinação de espaçamentos de 0,45-0,45-0,90 m. Embora a produção de açúcares totais tenha sido maior no espaçamento de 0,45-0,45-0,90 m, a matéria fresca e a massa de caldo foram menores nesse espaçamento (Tabela 3), o que contribuiu para produção de etanol equivalente entre os espaçamentos.

De acordo com Teetor et al. (2011), o potencial médio de produção etanol para as cultivares Dale, M81E, Theis e Topper cultivadas no estado do Arizona, Estados Unidos, foi de 2933,4 L ha⁻¹. Prasad et al. (2007) relata o potencial produtivo de etanol do sorgo sacarino de 2800 a 4000 L ha⁻¹. No entanto, Davila-Gomes et al. (2011), a partir de processo fermentativo com leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*), verificaram valores de produtividade de etanol entre 924,34 L ha⁻¹ a 1051,53 L ha⁻¹ para genótipos de sorgo sacarino. A produtividade de etanol pelo processo fermentativo representa a

realidade do sistema industrial de produção de etanol, visto que o rendimento da fermentação pode ser afetado por diferentes fatores físicos, químicos e microbiológicos. Dessa maneira, os resultados encontrados nesse trabalho para produtividade de etanol ficaram próximos aos valores obtidos por Davila-Gomes et al. (2011) através do processo fermentativo.

As plantas de sorgo sacarino em convivência com as plantas daninhas (testemunha sem capina) apresentaram redução na MFT e ALT com relação à testemunha capinada (Tabela 5). A convivência do sorgo sacarino com as plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura pode reduzir a produtividade de colmos em até 51,22 % (Silva et al., 2013), uma vez que as plantas daninhas causam sérios danos à cultura do sorgo, como redução do porte, diminuição da área foliar, do diâmetro do colmo e redução na produção de biomassa.

Tabela 5. Matéria fresca total (MFT), altura de planta (ALT) e diâmetro de colmo (D), massa de caldo (MC) e fibra de sorgo sacarino tratados com herbicidas, Viçosa, MG, 2014^{1/}

Métodos de controle	Dose (g i.a ha ⁻¹)	MFT (t ha ⁻¹)	ALT (m)	D (mm)	MC (t ha ⁻¹)	Fibra (%)
Testemunha capinada	---	100,25	3,43	20,89	67,45	10,77
Testemunha sem capina	---	81,10 *	3,18 *	20,80	54,35 *	11,03
Atrazine	2000	100,57	3,47	21,09	69,24	10,45
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 720	88,82	3,44	21,20	61,34	10,21 *
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 960	92,12	3,44	21,45	64,34	10,05 *
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 1200	86,79 *	3,35	20,41	60,42	10,90
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 1440	87,68 *	3,37	21,17	60,66	10,41

^{1/} Médias seguidas por um * diferem do tratamento testemunha capinada pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade

A aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹) não afetou o crescimento do sorgo sacarino, medido pela ALT, diâmetro de colmo e matéria fresca total de plantas. A mistura (atrazine + s-metolachlor) não afetou a ALT e o diâmetro de colmos, no entanto, as doses de 1200 e 1440 g ha⁻¹ de s-metolachlor em mistura com atrazine afetaram negativamente MFT das plantas de sorgo sacarino. Nestas doses de s-metolachlor, a produtividade de MFT foi 14 % menor em relação à testemunha capinada (Tabela 4).

O s-metolachlor tem ação no início do desenvolvimento das plantas, sendo absorvido na região do coleótilo das gramíneas e hipocótilo das dicotiledôneas (Silva et al., 2007). Nessas regiões as células encontram-se pouco desenvolvidas e não apresentam cera na cutícula. Observa-se que as plantas de sorgo em início do desenvolvimento, após a emergência, tornam-se mais tolerantes ao s-metolachlor, devido a sua ação tóxica acontecer durante o processo de emergência das plântulas. No entanto, mesmo em menores concentrações o s-metolachlor pode ser absorvido pela parte aérea das plantas de sorgo, provocando intoxicação e redução no crescimento e produtividade, como observado neste trabalho para as maiores doses do produto. Quanto ao atrazine, o sorgo possui mecanismo de tolerância que dificulta a absorção e translocação desse herbicida na planta ou pelos elevados teores de benzoxazinonas, complexo enzimático responsável pela metabolização do atrazine em compostos não tóxicos (Rodrigues & Almeida, 2011).

Os herbicidas não afetaram a massa de caldo das plantas de sorgo sacarino (Tabela 5). Apenas a ausência de controle das plantas daninhas diferiu da testemunha capinada.

Com relação ao teor de fibra dos colmos, a aplicação de atrazine na dose de 2000 g ha⁻¹ em mistura com s-metolachlor nas doses de 720 e 960 g ha⁻¹ reduziram a porcentagem de fibra do bagaço em relação à testemunha capinada, fato não observado com aplicações de doses maiores de s-metolachlor (Tabela 5). Os valores médios de fibra variaram de 10,05 a 11,03 % para a mistura na dose de 960 g ha⁻¹ e para a testemunha sem capina, respectivamente. Esses valores corroboram com o trabalho de Roviero et al. (2013), no qual foram encontrados valores médios de fibra variando entre 11,25 a 11,47 %.

O bagaço dos colmos, subprodutos da extração do caldo, pode ser aproveitado como combustível na geração de calor e energia e na produção de etanol, visto que este subproduto contém em sua composição açúcares insolúveis como celulose e hemiceluloses (Zhao et al., 2009). De acordo com Mama et al. (1996), o sorgo sacarino possui quase a mesma quantidade de açúcares solúveis e insolúveis, o que favorece a utilização dessa matéria prima na produção de etanol e bioetanol. Segundo Zhao et al. (2009), o bagaço do sorgo sacarino pode produzir até 6591 L ha⁻¹ de bioetanol pelo processo de conversão da celulose e hemicelulose em açúcares solúveis. Outro ponto favorável ao uso do sorgo sacarino na produção de etanol de segunda geração é a menor

concentração de lignina presente nos colmos do sorgo que é 50 % inferior ao da cana-de-açúcar. Esta menor concentração de lignina favorece o processo de pré-tratamento do bagaço e fermentação de açúcares fermentescíveis como glicose obtida da fração celulósica e hemicelulósica do bagaço (Borges et al., 2010).

O °Brix do caldo das plantas de sorgo sacarino foi reduzido nas parcelas que receberam a aplicação de s-metolachlor, independentemente da dose aplicada, em relação à testemunha capinada (Tabela 6). Do mesmo modo, as variáveis concentração de sacarose e açúcares totais (sacarose, glicose e frutose) foram reduzidas com a aplicação de s-metolachlor, além disso, a aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹) afetou o acúmulo de açúcares totais em relação a testemunha capinada.

De acordo com Almodares & Hadi (2009), a concentração de carboidratos não estruturais nos colmos de sorgo sacarino pode ser afetada pela temperatura, fotoperíodo, maturidade, cultivar, espaçamento e fertilidade do solo. No entanto, na época de colheita, as plantas tratadas com s-metolachlor podem não ter apresentado maturação ideal para o corte, em função da intoxicação do sorgo pela ação dos herbicidas. Após a aplicação do s-metolachlor, o desenvolvimento das plantas de sorgo sacarino pode ter sido afetado negativamente pelo herbicida, assim, aos 120 DAE estas plantas estavam imaturas e, conseqüentemente, com menor concentração de açúcares nos colmos.

Tabela 6. Porcentagem de sólidos solúveis totais (°Brix), concentração de sacarose e açúcares totais e estimativa da produtividade de etanol de sorgo sacarino tratado com atrazine e diferentes doses de s-metolachlor. Viçosa, MG, 2014^{1/}

Métodos de controle	Dose (g i.a ha ⁻¹)	°Brix (%)	Sacarose (g L ⁻¹).....	Açúcares Totais (g L ⁻¹).....	Etanol (L ha ⁻¹)
Testemunha capinada	---	12,40	51,35	69,65	1935,07
Testemunha sem capina	---	13,04	55,79	70,17	1580,49 *
Atrazine	2000	11,73	44,49	60,29 *	1771,88
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 720	10,30 *	31,31 *	46,48 *	1203,52 *
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 960	9,92 *	31,14 *	48,93 *	1298,33 *
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 1200	10,11 *	32,87 *	50,01 *	1243,53 *
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 1440	10,75 *	24,87 *	40,81 *	1034,43 *

^{1/}Médias seguidas por um * diferem do tratamento testemunha capinada pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade.

Davila-Gomes et al. (2011), verificaram que cultivares de sorgo sacarino e sorgo forrageiro apresentaram acúmulo de, aproximadamente, 2 °Brix por semana, contados a partir da antese, chegando a uma fase estacionária após a quarta e quinta semana. Segundo Prasad et al. (2007), o estágio ideal para colheita do sorgo sacarino ocorre quando o caldo apresenta entre 15,5-16,5 °Brix, considerado um parâmetro importante

para atingir máxima produção de etanol por hectare. O momento ideal de colheita do cultivar BRS 506 para obtenção de rendimento industrial satisfatório, inicia aos 19 dias após o florescimento e pode ir até os 44 dias após o florescimento, caracterizando um período de utilização industrial (PUI) de 25 dias (Borges et al., 2010).

O potencial de produção de etanol do sorgo sacarino foi de 1935,07 L ha⁻¹ na testemunha capinada (Tabela 6). A aplicação de s-metolachlor em mistura com atrazine (2000 g ha⁻¹) proporcionou redução na produtividade de etanol em relação à testemunha capinada, independente da dose do herbicida. A menor produtividade de etanol, 1034,34 L ha⁻¹, foi observada nas plantas de sorgo sacarino que receberam a maior dose de s-metolachlor (1440 g ha⁻¹), apresentando, portanto, uma redução de 46,54 % no rendimento de etanol por hectare em relação a testemunha capinada. As doses de 720, 960 e 1200 g ha⁻¹ proporcionaram redução de 37,80, 32,90 e 35,41 % respectivamente, na produção de etanol do sorgo sacarino em comparação a testemunha capinada.

O tratamento sem controle de plantas daninhas apresentou capacidade produtiva de etanol de 1580,49 L ha⁻¹, diferindo significativamente da testemunha capinada (Tabela 6). A redução na produtividade de etanol foi de 18,32 % em comparação a testemunha capinada, devido a interferência das plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. Teetor et al. (2011) observaram correlação positiva entre a produtividade de etanol e o °Brix do caldo de sorgo sacarino. No entanto, embora os valores de °Brix, sacarose e açúcares totais tenham sido maiores na testemunha sem capina, a produtividade de etanol foi reduzida, em função da baixa produção de matéria fresca e massa de caldo (Tabela 5) nas plantas de sorgo em competição com as plantas daninhas.

Os espaçamentos entre linhas do sorgo sacarino afetaram a concentração dos açúcares redutores (glicose e frutose) dentro das testemunhas capinada e sem capina (Tabela 6). Na testemunha capinada, os maiores teores de glicose e frutose foram encontrados na combinação de espaçamentos 0,45-0,45-0,90 m (Esp 3). O valor médio de 10,18 g L⁻¹ de glicose no Esp 3 diferiu significativamente dos demais espaçamentos, além disso, a concentração média de frutose no Esp 3, 14,40 g L⁻¹, foi superior ao espaçamento de 0,25 m, todavia, não diferiu do valor médio encontrado no espaçamento de 0,45 m, 10,51 g L⁻¹. Em relação a testemunha sem capina, verifica-se que no Esp 3 os teores dos açúcares redutores foram inferiores ao espaçamento de 0,45 m e não houve diferença significativa ao espaçamento entre linhas de 0,25 m.

Tabela 6. Concentração de glicose e frutose (g L^{-1}) no caldo de sorgo sacarino, extraído aos 120 DAS, nos diferentes espaçamentos entre linhas e submetido a aplicação de herbicidas, Viçosa, MG, 2014^{1/}

Tratamentos	Glicose						Frutose					
	Esp 1 ^{3/}		Esp 2		Esp 3		Esp 1		Esp 2		Esp 3	
Testemunha capinada	4,42	B	6,17	b	10,18	a	9,24	b	10,51	ab	14,40	A
Testemunha sem capina	5,14	ab	5,86	a	3,62	b*	9,13	ab	12,13	a	7,25	b*
Atrazine (2000 g ha^{-1})	4,70	A	5,49	a	4,84	a*	9,63	a	11,03	a	11,70	a*
A+S (2000 + 720 g ha^{-1}) ^{2/}	4,31	A	5,25	a	5,61	a*	9,33	a	10,65	a	10,34	a*
A+S (2000 + 960 g ha^{-1})	4,66	A	6,38	a	6,07	a*	8,38	b	13,54	a	14,32	A
A+S (2000 + 1200 g ha^{-1})	5,39	A	5,74	a	5,79	a*	11,14	a	11,46	a	11,88	a*
A+S (2000 + 1440 g ha^{-1})	4,94	A	5,22	a	4,61	a*	10,32	a	10,49	a	12,23	A

^{1/}Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Médias seguidas por um * diferem do tratamento testemunha capinada pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade. ^{2/}A+S= Mistura de atrazine e s-metolachlor. ^{3/}Esp 1= 0,25 m; Esp 2= 0,45m; Esp 3= 0,45-0,45-0,90 m.

As concentrações de glicose e frutose não foram afetadas pelos espaçamentos dentro dos tratamentos com herbicidas, exceto para a mistura (atrazine + s-metolachlor) na dose de 960 g ha^{-1} de s-metolachlor, onde foi verificado efeito significativo dos espaçamentos na concentração de frutose (Tabela 6). Nessa mistura de herbicidas, o menor teor de frutose foi verificado para o espaçamento entre linhas de 0,25 m, cujo valor médio foi 8,38 g L^{-1} de frutose, diferindo dos valores médios de 13,54 e 14,32 g L^{-1} encontrados para o espaçamento de 0,45 m e a combinação de espaçamento 0,45-0,45-0,90 m, respectivamente.

Analisando os métodos de controle de plantas daninhas dentro dos espaçamentos entre linhas do sorgo sacarino observam-se que, apenas na combinação de espaçamentos 0,45-0,45-0,90 m houve diferenças significativas na concentração de glicose e frutose pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade (Tabela 6). O teor de glicose dentro deste espaçamento foi inferior nas parcelas que receberam aplicação de herbicida e na testemunha sem capina com relação a testemunha capinada. A cultura em convivência com a comunidade infestante apresentou valor médio de glicose igual a 3,62 g L^{-1} , correspondendo a redução de 64,5 % na concentração de glicose com relação a testemunha capinada. Os teores de glicose nas parcelas que receberam aplicação de herbicidas variaram entre 4,61 g L^{-1} para a mistura (atrazine + s-metolachlor) na dose de 1440 g ha^{-1} de s-metolachlor e 6,07 g L^{-1} para essa mistura na dose de 960 g ha^{-1} de s-metolachlor.

Na combinação de espaçamentos de 0,45-0,45-0,90 m, a concentração de 7,25 g L^{-1} de frutose foi observada na testemunha sem capina, diferindo da testemunha capinada pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade (Tabela 6). Além disso, os

valores médios de frutose na aplicação isolada de atrazine (2000 g ha⁻¹) e a mistura (atrazine + s-metolachlor) nas doses de 720 e 1200 de s-metolachlor foram inferiores a concentração média de frutose da testemunha capinada. Apenas os valores médios de frutose 14,32 e 12,23 g L⁻¹, encontrados nas parcelas tratadas com as doses de 960 e 1440 g L⁻¹ da mistura respectivamente, não diferiram dessa testemunha.

Em comparação à cana-de-açúcar, o sorgo sacarino apresenta maior concentração de açúcares redutores no caldo (Borges et al., 2010). Kumar et al. (2010), verificaram teor de glicose entre 1,12 a 2,94 % e de 1,05 a 2,39 % de frutose em 19 genótipos de sorgo sacarino avaliados. De acordo com Gnansounou et al. (2005), os açúcares do caldo do sorgo sacarino apresentam a proporção de 85 % de sacarose, 9 % de glicose e 6 % de frutose. Prasad et al. (2007), verificaram a porcentagem de 60 % de sacarose, 33 % de glicose e 7 % de frutose.

A variação nos teores de glicose e de frutose pode estar relacionada ao nível de invertase endógena no caldo, visto que a invertase catalisa a reação de inversão da sacarose em glicose e frutose. Além disso, a ligeira acidez do caldo do sorgo sacarino favorece o processo de conversão da sacarose (Davila-Gomes et al., 2011). Durante o desenvolvimento das plantas de sorgo sacarino ocorre variação nos níveis das invertases no caldo. Próximo ao florescimento, a concentração de sacarose no caldo do sorgo sacarino é alta em função da intensa atividade das invertases. Já na maturidade fisiológica, a atividade da invertase é baixa, por isso a sacarose não é convertida em glicose e frutose (Almodares et al., 2008).

3.6 CONCLUSÕES

O controle das plantas daninhas e a intoxicação visual do sorgo sacarino são aumentados com o incremento da dose do s-metolachlor na mistura com o atrazine.

O crescimento do sorgo sacarino é afetado negativamente pela aplicação da mistura atrazine + s-metolachlor, principalmente nas doses 1200 e 1440 g ha⁻¹ de s-metolachlor.

A combinação de atrazine e s-metolachlor afeta negativamente o °Brix e as concentrações de sacarose e açúcares totais do caldo. A magnitude desses efeitos depende da dose aplicada do s-metolachlor

O espaçamento entre linhas de 0,25 m proporciona maior produtividade de matéria fresca e valor de sólidos solúveis totais no caldo do sorgo sacarino.

Os teores de glicose e frutose do caldo são reduzidos pela aplicação dos herbicidas no espaçamento combinado de 0,45-0,45-0,90 m.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUGNA, A.; BEKELE, E. Geographical distribution and phenotypic diversity of wild/weedy sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Ethiopia: implications for germplasm conservation and crop-wild gene flow. **Plant Genetic Resources**, v. 11, n.1, p. 68-76, 2013.

ALBURQUERQUE, C. J. B. et al. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.1, p.69-85, 2012.

ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, p.772-780, 2009.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, v.23, p.415-421, 2005.

BAHLER, C. C.; VOGEL, K. P.; MOSER, L. E. Atrazine tolerance in warm-season grass seedlings. **Agronomy**, v.76, 1984.

BORGES, I. D. et al. Caracterização do caldo extraído dos colmos da cultivar de sorgo sacarino BRS 506 (*Sorghum bicolor* L.). In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 28., 2010. Goiânia. Anais... Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD-Rom

BRIGHENTI, A. M. et al. Seletividade de herbicidas à cultura do sorgo. In: **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 29., 2012, Águas de Lindóia, Anais... Águas de Lindóia: SBMS, 2012. p. 1092-1096.

CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5ª ed. Piracicaba, SP, 2006. 112p.

DAN, H. A. et al. Influência do estágio de desenvolvimento de *Cenchrus echinatus* na supressão imposta por atrazine. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.179-184, 2011.

DAVILA-GOMES, F.J. et al. Evaluation of bioethanol production from five diferente varieties of sweet and forage sorghums (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Industrial Crops and Products**, v. 33, p.611-616, 2011.

ELLIS, J. F. et al. Effectiveness of a new safener for protecting sorghum (*Sorghum bicolor*) from metolachlor injury. **Weed Science**, v.28, n.1, p.1-5, 1980.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO Statistics Division**, 2012. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>. Acesso em: 31 maio 2014.

GNANSOUNOU, E., DAURIAT, A., WYMAN, C.E. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. **Bioresource Technology**, v.96, p.985–1002, 2005.

GOMES, L. S. et al. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento de colmo em milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.2, p.140-145, 2010.

HAN, K. L. et al. Agronomic considerations for sweet sorghum biofuel production in the South-Central USA. **Bioenergy Research**, v.5, p.748-758, 2012.

JAKELAITIS, A. et al. Efeito de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.69-78, 2005.

KAWAHIGASHI, H. et al. Evaluation of Brix and sugar content in stem juice from sorghum varieties. **Grassland Science**, v.59, p.11-19, 2013.

KUMAR, C. G. et al. Characterization of improved sweet sorghum genotypes for biochemical parameters, sugar yield and its attributes at different phenological stages. **Sugar Technology**, v.12, n.3-4, p.322-328, 2010.

MARTINS, D. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre capim-braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1969-1974, 2007.

MAY, A. et al. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p.278-290, 2012a.

MAY, A. et al. Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol sistema BRS1G – Tecnologia de Qualidade Embrapa. Documento 139, EMBRAPA: CNPMS, 2012b.

MCBEE, G. C. CREELMAN, R. A., MILLER, F. R. Ethanol yield and energy potential of stems from a spectrum of sorghum biomass types. **Biomass**, v.17, p.203-211, 1988.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p.118-127, 2013.

PRAZAD, S. et al. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. **Energy Fuel**, v.21, p.2415-2420, 2007.

RATNAVATHI, C. V. et al. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Biomass and Bioenergy**, v.34, p.947-952, 2010.

RATNAVATHI, C. V. et al. Sweet sorghum as feedstock for biofuel production: a review. **Sugar Technology**, v.13, n.4, p.399-407, 2011.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Editora UEL, Londrina, PR, 2011. 697p.

ROVIERO, J. P. et al. Potencial de produção de bagaço de três genótipos de sorgo sacarino em dois sistemas de colheita. In: Workshop: Agroenergia, 7., 2013, Ribeirão

Preto. Anais... Ribeirão Preto: INFOBIBOS. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/Resumos/ResumosArea.asp>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Editora UFV, Viçosa, MG, 2007. 260p.

SILVA, et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. In: **Congresso Brasileiro de Agronomia**, 28., 2013, Cuiabá. Segurança alimentar e nutricional: Anais... Cuiabá: CONFAEAB: AEAMT, 2013. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca>>. Acesso em: 03 jul. 2014.

SNIDER, J. L.; RAPER, R. L.; SCHWAB, E. B. The effect of row spacing and seeding rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiod-sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Industrial Crops and Products**, v.37, p.527-535, 2012.

TSUCHIHASHI, N.; GOTO, Y. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. **Plant Production Science**, n.7, p.442-448, 2004.

ZHAO, Y. L. et al. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grow for biofuel. **Field Crops Research**, v. 111, p. 55-64, 2009.

4. COMPORTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE SORGO SACARINO SOB APLICAÇÕES DE HERBICIDAS

4.1 RESUMO

As avaliações fitossociológicas de comunidades de plantas daninhas fornecem informações essenciais sobre o impacto das tecnologias utilizadas nos sistemas de produção, além de permitir identificar os pontos fortes e fracos do sistema. Nesta pesquisa, avaliou-se o efeito de espaçamentos entre linhas de sorgo sacarino associado a aplicação de herbicidas na dinâmica das plantas daninhas. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas avaliados os espaçamentos entre linhas (0,25 m, 0,45 m e 0,45-0,45-0,90 m) e nas subparcelas os métodos de controle das plantas daninhas [atrazine (2000 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1440 g ha⁻¹), capina manual e ausência de controle]. A população de 120.000 plantas por hectare foi mantida em todos os espaçamentos. Os herbicidas foram aplicados 11 dias após a emergência do sorgo sacarino. As espécies de plantas daninhas foram coletadas, identificadas, quantificadas e classificadas pelo método de quadrado inventário aos 7 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas. Não houve interação significativa entre os espaçamentos do sorgo sacarino e os herbicidas. O espaçamento entre linhas de 0,25 m apresentou maior densidade de plantas daninhas. No entanto, os espaçamentos entre linhas de sorgo sacarino não afetaram a massa da matéria seca de plantas daninhas. A mistura (atrazine + s-metolachlor) proporcionou decréscimo no número e matéria seca de plantas daninhas, principalmente, na dose de 1440 g ha⁻¹ de s-metolachlor. As espécies *Cyperus esculentus* e *Oxalis latifolia* mostraram-se tolerantes a aplicação dos herbicidas, apresentando altos valores IVI, independente da dose de s-metolachlor aplicada. Conclui-se que o arranjo de semeadura e a aplicação do atrazine associado ao s-metolachlor altera a comunidade de plantas daninhas na cultura do sorgo.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, índice de valor de importância, atrazine, s-metolachlor, espaçamento

PHYTOSOCIOLOGICAL WEEDS BEHAVIOR IN DIFFERENT SPACING OF SWEET SORGHUM IN HERBICIDE APPLICATIONS

4.2 ABSTRACT

The phytosociological reviews of weed communities provide essential information about the impact of the technologies used in production systems, and allow to identify the strengths and weaknesses of system. In this research, we evaluated the effect of sorghum row spacing associated to herbicide application on weed dynamics. The treatments were arranged in split plots, with the plots assessed spacing (0.25 m, 0.45 m, 0.45-0.45-0.90 m) and the sub methods of weed control [atrazine (2000 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 720 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 960 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 1200 g ha⁻¹), s-metolachlor + atrazine (2000 + 1440 g ha⁻¹), manual weeding and lack of control]. The population of 120,000 plants per hectare was maintained at all spacings. The herbicides were applied 11 days after sorghum emergence. The weed species were collected, identified, quantified and classified by the method of inventory square at 7 and 30 days after herbicide application. There was no significant interaction between the spacings of sweet sorghum and herbicides. The spacing of 0.25 m showed higher weed density. However, the spacing between lines of sorghum did not affect the weeds dry mass. The mixture (s-metolachlor + atrazine) provided decrease in the number and weeds dry weight, especially at a dose of 1440 g ha⁻¹ s-metolachlor. The *Cyperus esculentus* and *Oxalis latifolia* species were tolerant to herbicide application, with high IVI values, independent of s-metolachlor dose applied. We conclude that the arrangement of sowing and application of atrazine associated with s-metolachlor changes the weeds community in sorghum.

Keywords: Sorghum bicolor, importance value rate, atrazine, s-metolachlor, spacing

4.3 INTRODUÇÃO

O cultivo de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] na entressafra da cana-de-açúcar tem potencial para aumentar a produção de etanol do Brasil. Isto seria de grande interesse para a estabilidade dos preços desse biocombustível durante o ano, além de reduzir o período de ociosidade das usinas de produção de etanol (May et al., 2012).

Para o adequado crescimento e desenvolvimento do sorgo sacarino é fundamental estabelecer um manejo de plantas daninhas que reduza a interferência das plantas daninhas, especialmente no período crítico de competição (Silva et al., 2013). O estabelecimento de uma comunidade de plantas daninhas em agroecossistemas é resultado das características edafoclimáticas, do banco de sementes e das práticas agrônômicas adotadas, como manejo do solo, arranjo de plantas, adubação e da aplicação de herbicidas (Adegas et al., 2010; Soares et al., 2011). O que pode resultar em variações populacionais nas diversas regiões produtoras de uma determinada cultura, como verificado por Kuva et al. (2007) e Oliveira & Freitas (2008) em levantamentos realizados em diferentes áreas de produção de cana-de-açúcar.

De modo geral, o manejo de plantas daninhas adotado nas áreas de sorgo ocorre, fundamentalmente, com aplicações de atrazine, direcionadas ao controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência inicial da cultura. Entretanto, o atrazine apresenta espectro de ação limitado a um número relativamente pequeno de gramíneas (MAPA, 2014). Dessa maneira, a associação do atrazine com outros herbicidas, como o mesotrione (Timossi, 2009), tembotrione (Bollman et al., 2008) e nicosulfuron (Rizzardi et al., 2008), tem sido utilizada para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. Para o sorgo, aplicações do s-metolachlor após a emergência da cultura, quando as plantas daninhas estão no processo inicial de emergência, pode ser uma alternativa viável para o controle de gramíneas para essa cultura (Brighenti et al., 2012).

As comunidades de plantas daninhas podem variar sua composição florística em função do tipo e da intensidade de tratos culturais. A redução do espaçamento entre linhas de sorgo pode contribuir para o controle de plantas daninhas que se estabeleceram tardiamente na área cultivada. A cultura ocupa o espaço de forma acelerada, diminuindo a disponibilidade de recursos ao crescimento das plantas daninhas (Knezevic et al., 2003). De acordo com Bengna et al. (2001), a redução do

espaçamento entre fileiras do milho de 76 para 38 cm diminuiu a matéria seca produzida pelas espécies daninhas *Chenopodium album* e *Amaranthus retroflexus* em até 29 %.

Os levantamentos dessas comunidades fornecem inferências sobre o impacto das tecnologias utilizadas no sistema de produção, além de permitir identificar os pontos fracos do sistema (Erasmus et al., 2004). No levantamento florístico, além da identificação das espécies infestantes, há também a necessidade da análise quantitativa dessas espécies, que se denomina de estudo ou método fitossociológico (Braun-Blanquet, 1979). Esses estudos fornecem dados específicos das espécies presentes, como frequência, densidade e abundância, e também o índice de valor de importância (IVI).

O IVI é uma ponderação da distribuição das populações na área, dos seus números de indivíduos e infere sobre quais são as espécies mais importantes em termos de infestação. Os índices fitossociológicos são importantes para analisar o impacto dos sistemas de manejo e das práticas agrícolas na dinâmica de crescimento e ocupação de comunidades infestantes em agroecossistemas (Pitelli, 2000). Assim, o método fitossociológico é uma ferramenta que permite fazer várias considerações sobre a flora de plantas daninhas em questão (Dangwal et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se conhecer o efeito da aplicação de herbicidas em diferentes espaçamentos entre linhas do sorgo sacarino no comportamento da comunidade de plantas daninhas.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental Diogo Alves de Melo (20°46'05'' de latitude e 45°52'09'' de longitude), durante os meses de novembro de 2013 a março de 2014. O clima da região é subtropical úmido com inverno seco e verão quente, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 21°C e precipitação pluvial média anual de 1.200 mm. Os dados climáticos coletados na área experimental durante a realização da pesquisa estão apresentados na Figura 1.

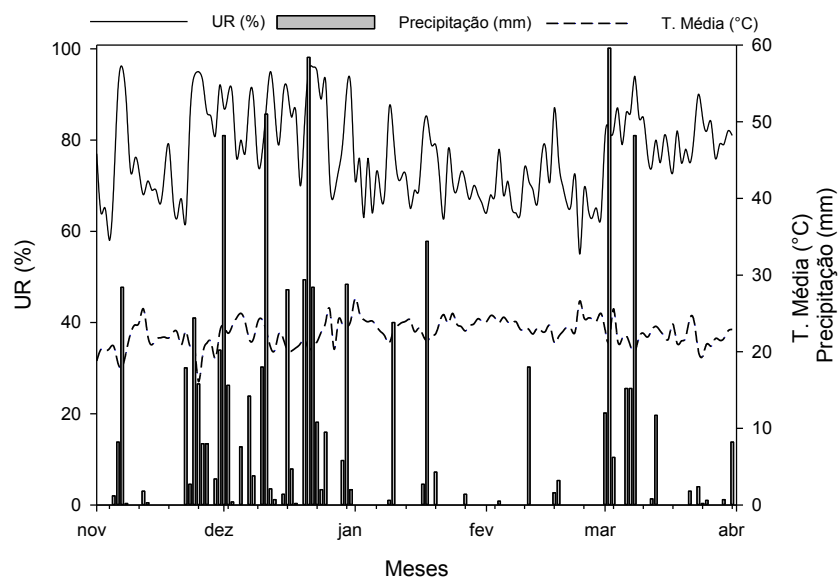


Figura 1. Precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar (UR) e temperatura média do ar (T. Média) durante o período de 01 de novembro a 31 de março de 2014. Viçosa, MG.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013) (Tabela 1). Na adubação de plantio foram aplicados 300 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N-P-K) distribuídos diretamente na linha de plantio do sorgo. A adubação de cobertura constou-se de 300 kg ha⁻¹ de ureia, aplicados aos 20 dias após a emergência das plantas.

Tabela 1. Condições de fertilidade e física do solo da área experimental aos 30 dias antes do semeio do sorgo sacarino. Viçosa, MG, 2014

pH	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	t	T	MO	P-rem	
	-- mg dm ⁻³ --		-----cmol _c dm ⁻³ -----							dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
5,5	26,8	94	2,49	0,56	0,00	5,50	3,29	8,55	3,58	22,7	
	Areia			Silte			Argila				
	-----%										
	25,7			17,4			56,9				

Extratores: pH - H₂O; P e K - Mehlich 1; Ca, Mg, Al - KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas utilizados os espaçamentos entre linhas (0,25 m, 0,45 m e 0,45-0,45-0,90 m) e nas subparcelas os métodos de controle das plantas daninhas [atrazine (2000 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g

ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹), atrazine + s-metolachlor (2000 + 1440 g ha⁻¹)], capina manual e ausência de controle.

A variedade de sorgo sacarino utilizada na pesquisa foi a BRS 506. O preparo do solo foi realizado com uma aração, uma gradagem e enxada-rotativa, sendo posteriormente abertos os sulcos com auxílio de um escarificador hidráulico. Foram semeadas 140.000 sementes ha⁻¹ e após a emergência do sorgo, seis dias após semeadura, realizou-se o desbaste das plantas com auxílio de uma régua graduada, de modo a estabelecer população de 120.000 plantas ha⁻¹, para todos os espaçamentos avaliados. Cada subparcela experimental no espaçamento de 0,25 m apresentou 11 linhas de sorgo sacarino, sendo que a área útil constituiu-se das seis linhas centrais, totalizando 4,5 m² (1,5 x 3 m). No espaçamento de 0,45 m e na combinação de espaçamentos (0,45-0,45-0,90 m), foram demarcadas parcelas de 2,7 x 4,2 m com seis linhas de sorgo sacarino, sendo a área útil formada pelas quatro linhas centrais, totalizando 5,4 m² (1,8 x 3 m).

A aplicação dos herbicidas foi realizada 11 dias após a emergência (DAE) do sorgo, entre os estádios de desenvolvimento 1 e 2 do sorgo sacarino. Para isso, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 2,5 kgf cm⁻², equipado com barra de quatro pontas TT 110.02, espaçadas de 50 cm, a uma altura de 50 cm em relação ao solo e volume de calda de 120 L ha⁻¹. A aplicação foi realizada entre 07:00 e 09:00 horas, sob temperatura de 21,8 °C, umidade relativa do ar de 80% e velocidade média do vento de 6 km h⁻¹.

Aos 7 dias após a aplicação do herbicida (DAA), foi realizada uma amostragem das plantas daninhas. Nesta amostragem utilizou-se uma armação de aço com dimensões de 0,30 x 0,30 m, arremessada duas vezes ao acaso em cada subparcela. As plantas daninhas foram quantificadas e identificadas segundo família, gênero e espécie. Aos 30 DAA, coletou-se a parte aérea das plantas daninhas e estas foram acondicionadas separadamente em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 72°C, por 72 h, para a determinação da matéria seca.

No levantamento fitossociológico calculou-se a densidade de plantas daninhas, frequência e dominância das espécies. A partir desses cálculos, foi determinada a frequência relativa, densidade relativa, dominância relativa e o Índice de Valor de Importância (IVI), com as seguintes fórmulas, proposta por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) e Braun-Blanquet (1979).

$$\text{Frequência (Fr)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de parcelas que contém a espécie} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ total de parcelas utilizadas}}$$

$$\text{Frequência relativa (Frr)} = \frac{\text{Frequência da espécie} \times 100}{\text{Frequência total das espécies}}$$

$$\text{Densidade (Den)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{Área total amostrada}}$$

$$\text{Densidade relativa (Der)} = \frac{\text{Densidade da espécie} \times 100}{\text{Densidade total das espécies}}$$

$$\text{Abundância (Abu)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{N}^\circ \text{ total de parcelas contendo a espécie}}$$

$$\text{Abundância relativa (Abur)} = \frac{\text{Abundância da espécie} \times 100}{\text{Abundância total das espécies}}$$

$$\text{Índice de valor e importância (IVI)} = \text{Frr} + \text{Der} + \text{Abr}$$

Para análise de similaridade entre as populações dos diferentes tratamentos será determinado o Índice de Similaridade (IS) das plantas daninhas (Sorensen, 1972), a partir da seguinte equação:

$$\text{IS (\%)} = \frac{2a}{b+c} \times 100$$

Onde: a é o número de espécies comuns aos tratamentos; b e c = número total de espécies nos tratamentos comparados. O IS varia de 0 a 100 %, sendo máximo quando todas as espécies são comuns aos tratamentos e mínimo quando não existem espécies em comum.

Os dados de número e matéria seca de plantas daninhas foram submetidos à análise de variância, e as médias, foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento fitossociológico foram identificadas 27 espécies de plantas daninhas nas unidades experimentais, distribuídas em 11 famílias botânicas. As duas principais famílias, quanto ao número de espécie, foram Poaceae e Asteraceae, com nove e seis espécies cada, respectivamente (Tabela 2).

As famílias Asteraceae e Poaceae são de grande importância nas diferentes regiões produtoras do Brasil, pois, além das áreas produtoras de grãos, como as de girassol (Adegas et al., 2010), verifica-se a maior ocorrência de espécies de plantas daninhas das famílias Asteraceae e Poaceae em cana-de-açúcar (Soares et al., 2011), pastagem (Inoue et al., 2012) e café (Maciel et al., 2010).

Tabela 2. Espécies de plantas daninhas encontradas no levantamento fitossociológico aos 7 e 30 dias após aplicação dos herbicidas, organizadas por família, nome científico e comum. Viçosa, MG, 2014

Família	Nome científico	Nome comum
Apiaceae	<i>Apium leptophyllum</i>	aipo-bravo
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	caruru-roxo
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Mentrasto
	<i>Bidens pilosa</i>	picão-preto
	<i>Emilia sonchifolia</i>	falsa-serralha
	<i>Galinsoga parviflora</i>	botão-de-ouro
	<i>Siegesbeckia orientalis</i>	botão-de-ouro
Brassicaceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Serralha
	<i>Coronopus didymus</i>	Mentruz
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabiça
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeaba
	<i>Commelina diffusa</i>	trapoeaba-do-brejo
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	Tiriricão
Labiatae	<i>Stachys arvensis</i>	orelha-de-urso
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i>	trevo-azedo
Poaceae	<i>Avena strigosa</i>	aveia-preta
	<i>Digitaria horizontalis</i>	capim-colchão
	<i>Echinochloa colonum</i>	capim-arroz
	<i>Eleusine indica</i>	capim-pé-de-galinha
	<i>Eragrotis pilosa</i>	capim-barbicha-de-alemão
	<i>Rottboellia exaltata</i>	capim-camalote
	<i>Setaria geniculata</i>	capim-rabo-de-raposa
	<i>Sorghum arundinaceum</i>	falso-massambará
Scrophulariaceae	<i>Urochloa plantaginea</i>	capim-marmelada
	<i>Stemodia trifoliata</i>	Mentinha
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i>	joá-de-capote

Não houve interação significativa entre o controle químico de plantas daninhas e os espaçamentos entre linhas do sorgo sacarino para o número e matéria seca de plantas daninhas nas diferentes épocas de avaliações (Tabela 3). A análise de variância do número de plantas daninhas, efetuada 7 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) indica efeito simples do espaçamento para a variável número de plantas daninhas aos 30 DAA. Além disso, foi verificado efeito simples dos herbicidas para as variáveis número de plantas daninhas, aos 7 e 30 DAA, e matéria seca de plantas daninhas aos 30 DAA.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis número de plantas daninhas m^{-2} e matéria seca de plantas daninhas ($g m^{-2}$)

F.V.	G.L	Quadrados Médios		
		Número de plantas daninhas		Matéria seca de plantas daninhas
		7 DAA	30 DAA	30 DAA
Blocos	3	37073,86	34821,25	1392,97
Espaçamento (E)	2	6664,24 ^{ns}	8757,03**	22,47 ^{ns}
Resíduo (a)	6	2881,20	1120,29	155,37
Herbicidas (H)	5	124441,56**	210834,16**	26236,86**
E x H	10	1091,04 ^{ns}	5041,96 ^{ns}	136,05 ^{ns}
Resíduo (b)	45	3131,12	5280,88	267,69
CV (%) Parcela		55,12	25,56	48,99
CV (%) Subparcela		57,46	55,50	64,30

** Significativo a 1 % de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5 % de probabilidade; DAA - Dias após aplicação dos herbicidas.

O número de plantas daninhas aos 7 DAA não foi influenciado pelos diferentes espaçamentos do sorgo sacarino (Tabela 4). No espaçamento reduzido houve maior revolvimento do solo com a semeadora, favorecendo a maior emergência de espécies daninhas fotoblásticas positivas na linha de semeadura, como observado por Trezzi et al. (2008), para a cultura do milho, no qual a redução do espaçamento de 0,90 m para 0,45 m resultou em população de plantas daninhas por área 54 % superior na linha de semeadura, em relação à população na entrelinha.

Tabela 4. Valores médios de número de plantas daninhas m^{-2} e matéria seca de plantas daninhas ($g m^{-2}$)

Espaçamento (m)	Número de plantas daninhas ^{1/}		Matéria seca de plantas daninhas ^{1/}
	7 DAA	30 DAA	30 DAA
0,25	115,97 a	151,16 a	25,85 a
0,45	92,36 a	128,47 ab	24,34 a
0,45-0,45-0,90	83,79 a	113,16 b	26,14 a

^{1/}Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 30 DAA, a maior densidade de plantas daninhas (151,16 plantas m⁻²) foi encontrada no espaçamento entre linhas de 0,25 m (Tabela 4), não diferindo do espaçamento 0,45 m. De acordo com Vidal & Trezzi (2004), em espaçamentos reduzidos, a infestação de plantas daninhas na linha de semeadura é maior do que nas entre linhas, o que pode representar uma maior infestação geral, em relação aos espaçamentos convencionais utilizados. Como foi discutido anteriormente, o maior número de linhas por hectare pode ter contribuído para a exposição do banco de sementes do solo, principalmente a radiação solar, favorecendo a maior germinação de espécies daninhas na linha do sorgo. Santos & Cury (2011) afirmam que a infestação em ambientes com práticas agrícolas convencionais expõe as sementes de *Bidens pilosa* enterradas à luz, o que favorece a maior germinação e aumenta a infestação.

Embora o número de plantas daninhas tenha sido maior no espaçamento de 0,25 m, aos 30 DAA, não houve diferença entre os espaçamentos adotados para o acúmulo de matéria seca das plantas daninhas (Tabela 4). Segundo Bianchi et al. (2010), mantendo-se a população adequada de plantas, espaçamentos reduzidos entre as fileiras propiciam melhor utilização dos recursos do ambiente pela cultura, favorecendo uma rápida cobertura do solo e, conseqüentemente, o domínio e a vantagem da cultura sobre as plantas daninhas.

Os herbicidas reduziram a infestação das plantas daninhas aos 7 DAA e aos 30 DAA, diferindo da testemunha sem capina (Tabela 5). Não houve diferenças significativas entre herbicidas e doses de s-metolachlor. No entanto, observa-se uma redução no número de plantas daninhas com a mistura (atrazine + metolachlor). A combinação de atrazine e s-metolachlor é uma opção para aumentar o espectro de ação sobre espécies tolerantes ao atrazine. O s-metolachlor tem ação principalmente sobre gramíneas, além de controlar algumas espécies de dicotiledôneas (Rector et al., 2003). No entanto, pelo fato da absorção do s-metolachlor ser quase total pelo coleóptilo das gramíneas e hipocótilo das dicotiledôneas, torna-se essencial que sua aplicação seja realizada antes da completa emergência das plantas daninhas (Silva et al., 2007).

Tabela 5. Valores médios de número de plantas daninhas m⁻² e matéria seca de plantas daninhas (g m⁻²)

Herbicidas	Dose g i.a ha ⁻¹	Número de plantas daninhas ^{1/}			Matéria seca de plantas daninhas ^{1/}	
		7 DAA	30 DAA		30 DAA	
Testemunha sem capina	---	302,31 a	393,98 a		120,39 a	
Atrazine	2000	88,88 b	133,94 b		15,79 b	
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 720	55,09 b	94,44 b		5,18 b	
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 960	52,31 b	61,57 b		2,98 b	
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 1200	44,91 b	52,78 b		5,24 b	
Atrazine + s-metolachlor	2000 + 1440	40,74 b	50,93 b		3,08 b	

^{1/} Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A matéria seca de plantas daninhas foi reduzida com a aplicação dos herbicidas em comparação a testemunha capina (Tabela 5). As misturas dos herbicidas nas diferentes doses de s-metolachlor e a aplicação isolada de atrazine não apresentaram diferenças significativas para matéria seca de plantas daninhas.

Atrazine é muito eficiente no controle de dicotiledôneas, no entanto, diversas espécies de gramíneas são tolerantes a esse herbicida, como por exemplo, *Digitaria horizontalis* (Jakelaitis et al., 2005), *Setaria faberi*, *Digitaria sanguinalis* (Bahler et al., 1984), *Urochloa decumbens* (Martis et al., 2007) e *Cenchrus echinatus* (Dan et al., 2011). Segundo Silva et al. (2007), uma das explicações plausíveis para esse aumento na tolerância em gramíneas relaciona-se à menor absorção por meio dos tecidos foliares ou mesmo à existência de compostos, como benzoxazinonas, capazes de proporcionar reações como hidroxilação, dealquilação e até mesmo conjugação, reduzindo a atividade do herbicida. Para Marcacci et al. (2005), o citocromo P₄₅₀ é o grande responsável pela dealquilação do herbicida em plantas tolerante. Prado et al. (1995), constataram que a seletividade de atrazine para *Panicum dichotomiflorum* ocorreu devido ao processo de conjugação com os compostos cisteína e glutatona.

O comportamento fitossociológico das plantas daninhas aos 7 DAA, analisado pelo Índice de Valor de Importância (IVI) das espécies, foi calculado ignorando os espaçamentos entre linhas do sorgo como tratamento (Figura 1). Uma vez que no início do desenvolvimento do sorgo sacarino não há diferenças entre os espaçamentos para o número de plantas daninhas, devido à baixa competição existente entre o sorgo e as plantas daninhas neste momento.

Nas subparcelas sem aplicação de herbicidas foram encontradas 18 espécies de plantas daninhas, sendo que as três principais espécies foram *Coronopus didymus*, *Avena strigosa* e *Cyperus esculentus*, com IVI acima de 30 % (Figura 1A). A espécie

Raphanus raphanistrum apesar de apresentar frequência relativa acima de 10 % não obteve IVI alto na testemunha sem controle, em função dos baixos valores de densidade e abundância relativas. Com a aplicação isolada de atrazine (2000 g ha⁻¹) encontrou-se as espécies *C. esculentus*, *O. latifolia* e *A. strigosa*. O maior IVI (>120 %) foi verificado para *C. esculentus* seguido *O. latifolia* com IVI acima 110 % (Figura 1B). Para a mistura (atrazine + s-metolachlor) nas doses de 720, 960, 1200 g ha⁻¹ de s-metolachlor, *O. latifolia* foi a espécie de maior importância com IVI acima de 120 % (Figura 1 C, D e E). Na dose de 1200 g ha⁻¹ de s-metolachlor em mistura com atrazine, a densidade relativa e a abundância relativa da *C. esculentus* foram maiores comparado as menores doses de s-metolachlor (Figura 1E). O s-metolachlor na dose de 1440 g ha⁻¹ foi efetivo no controle das plantas daninhas, ocorrendo à presença apenas *C. esculentus* e *O. latifolia* nas parcelas tratadas com essa dose de s-metolachlor (Figura 1F).

As espécies, *C. esculentus* e *O. latifolia*, ocorreram em todos os tratamentos no levantamento realizado aos 7 DAA. Esse comportamento de *C. esculentus* pode ter sido intensificado pelo revolvimento do solo, cujo efeito favorece a sua propagação e estabelecimento, em razão da quebra da dormência pela divisão de tubérculos e eliminação da dominância apical (Silva et al., 2005). Do mesmo modo, *O. latifolia* tem propagação vegetativa através de bulbos escamosos presentes no solo, dessa forma, sua germinação é favorecida pela movimentação do solo durante o preparo convencional, devido a elevação dos bulbos para camadas superficiais do solo (López & Royo-Esnaol, 2003). De acordo com Jakelaitis et al. (2003), após aplicação de herbicidas seletivos ao feijoeiro, a densidade das plantas daninhas de propagação vegetativa (*C. rotundus* e *O. latifolia*) aumentou, em detrimento daquelas de propagação seminífera. Além disso, estes autores observaram maior importância relativa para *C. rotundus*, em razão especialmente dos maiores valores de densidade e frequência da espécie em todas as amostragens efetuadas.

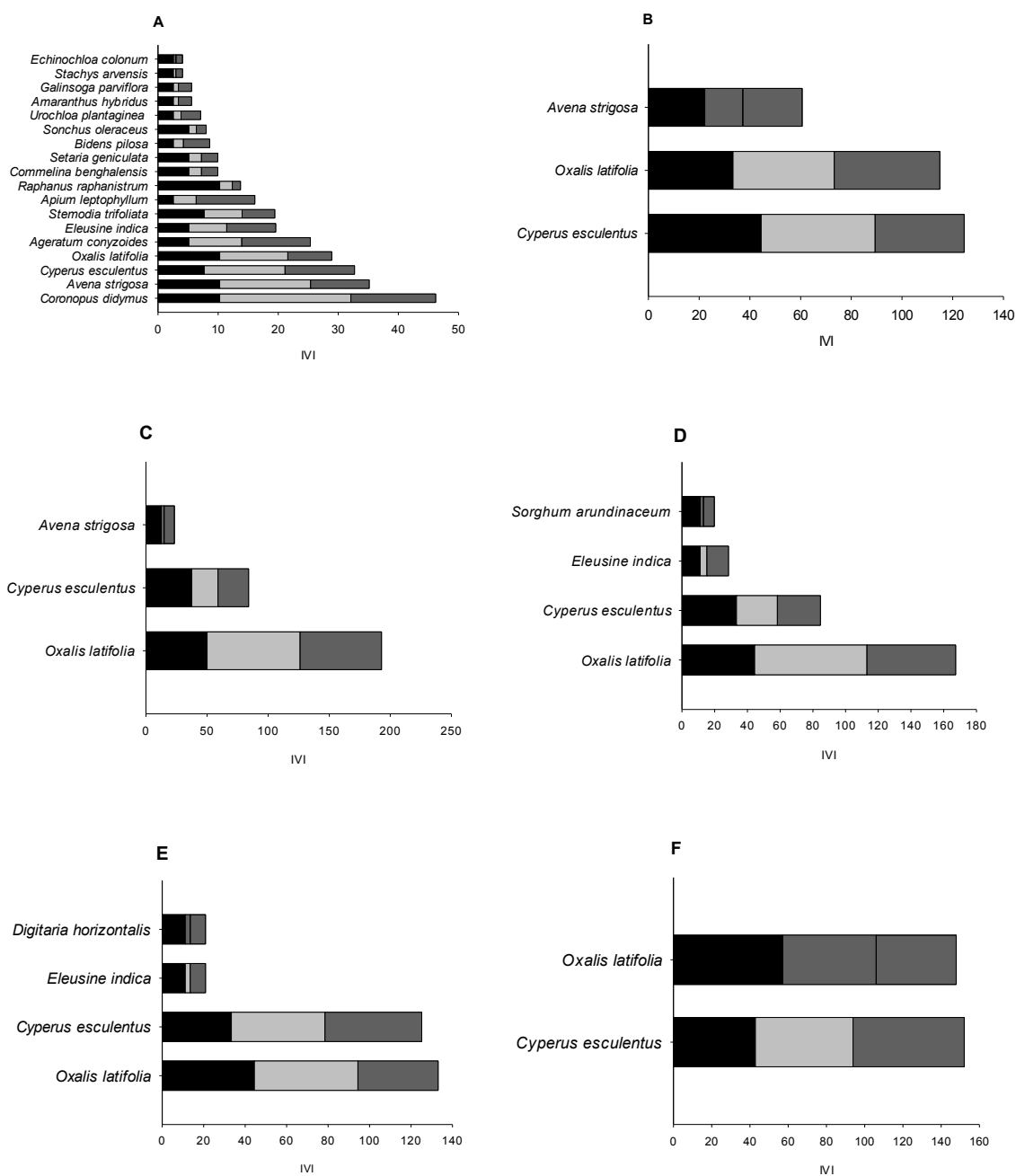


Figura 1. Índice de valor de importância (IVI) das plantas daninhas aos 7 DAA de herbicidas, Viçosa, MG, 2014. A) Testemunha sem controle; B) Aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹); C) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹); D) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹); E) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹); F) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1400 g ha⁻¹).

No levantamento fitossociológico realizado no espaçamento entre linhas de 0,25 m do sorgo sacarino, aos 30 DAA, foram encontradas 18 espécies de plantas daninhas

nas subparcelas sem controle da comunidade infestante (Figura 2A). *A. strigosa*, *Stemodia trifoliata* e *Eleusine indica* foram as principais plantas daninhas na testemunha sem controle. Nas subparcelas que receberam aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹) foram encontradas sete espécies de plantas daninhas, sendo que quatro destas são gramíneas: *A. strigosa*, *E. indica*, *Eragrotis pilosa*, *Urochloa plantaginea* (Figura 2B). Conforme discutido anteriormente, muitas espécies de plantas daninhas são tolerantes ao atrazine, especialmente as gramíneas. Dan et al (2011) verificaram que é possível obter controle superior a 90 % para *Cenchrus echinatus*, desde que a aplicação de atrazine seja realizada nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, com até duas folhas, e dose a partir de 3,5 kg ha⁻¹. No entanto, a aplicação de atrazine em altas doses pode afetar a cultura sucessora (Brighenti et al., 2002) e o meio ambiente (Schwab et al., 2006), visto que o atrazine apresenta alta persistência no solo e meia-vida entre 21 a 300 dias (Barbash et al., 2001), dependendo principalmente da temperatura, umidade do solo, pH e textura (Kruz & Shaner, 2008).

As espécies *C. esculentus*, *O. latifolia* e *A. strigosa* ocorreram nas parcelas que receberam aplicação da mistura de herbicidas (Figura 2 C, D, E, F). *A. strigosa* foi à terceira espécie de maior importância nas doses de 720, 960 e 1200 g ha⁻¹ de s-metolachlor. Na dose de 1440 g ha⁻¹ esta espécie apresentou o segundo maior valor IVI (69 %), ao lado de *C. esculentus* e *E. indica* (Figura 2 F). A presença de *A. strigosa* na área experimental pode ser explicada pelo manejo cultural adotado durante o ano, uma vez que no período de inverno a aveia-preta (*A. strigosa*) é cultivada como cobertura de solo (Rizzardi & Silva, 2006).

A aveia-preta apresentou sensibilidade ao atrazine na dose de 2000 g ha⁻¹, considerando sua baixa importância nas subparcelas que receberam a aplicação isolada de atrazine (Figura 2 B). No entanto, com a mistura de herbicidas o IVI da aveia-preta foi maior, em função do efeito do s-metolachlor sobre espécies tolerantes ao atrazine, tornando, dessa maneira, essa planta daninha uma das principais espécies presentes na área.

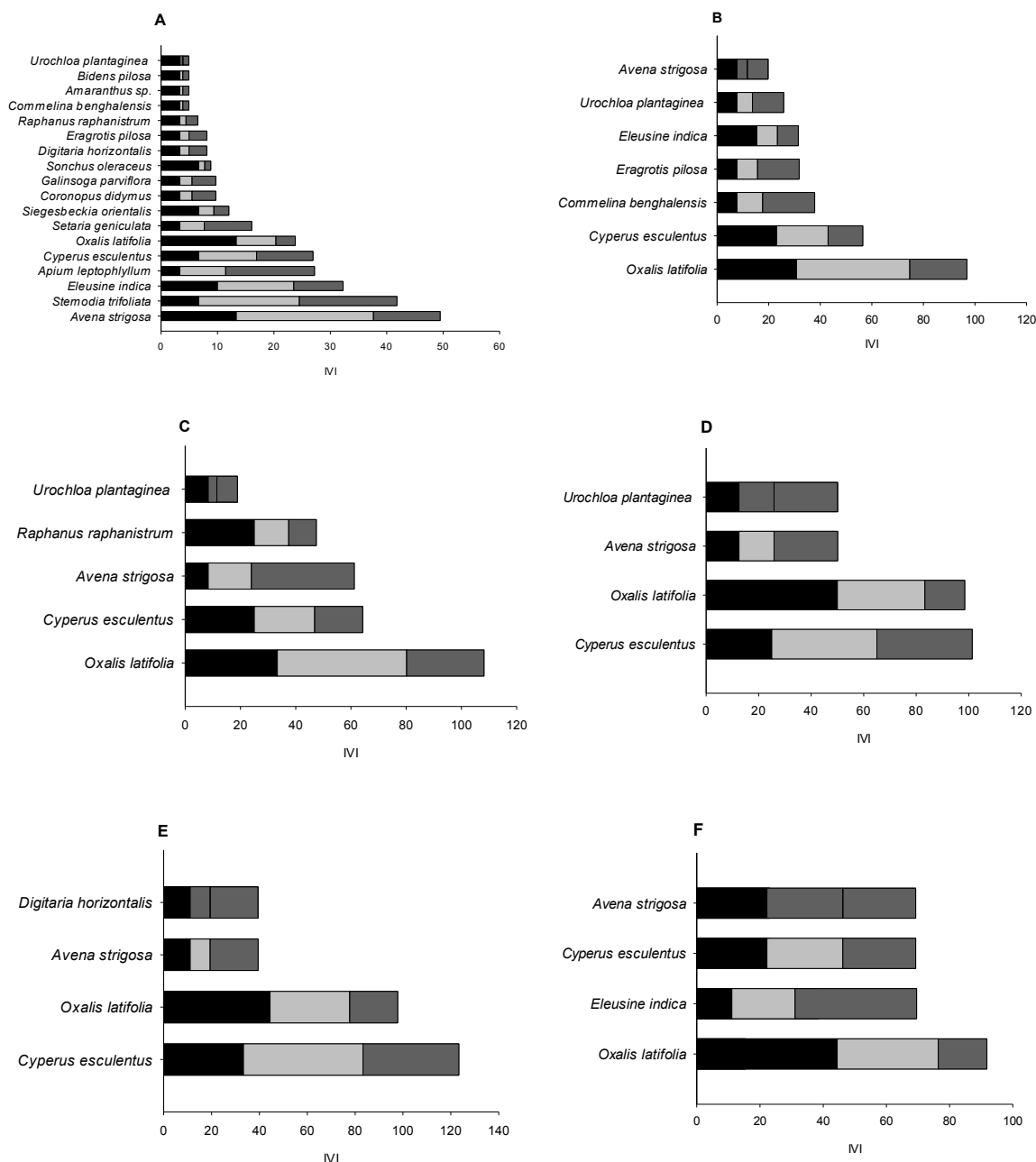


Figura 2. Índice de valor de importância (IVI) das plantas daninhas aos 30 DAA de herbicidas no espaçamento de 0,25 m entre linha do sorgo sacarino, Viçosa, MG, 2014. A) Testemunha sem controle; B) Aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹); C) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹); D) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹); E) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹); F) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1400 g ha⁻¹).

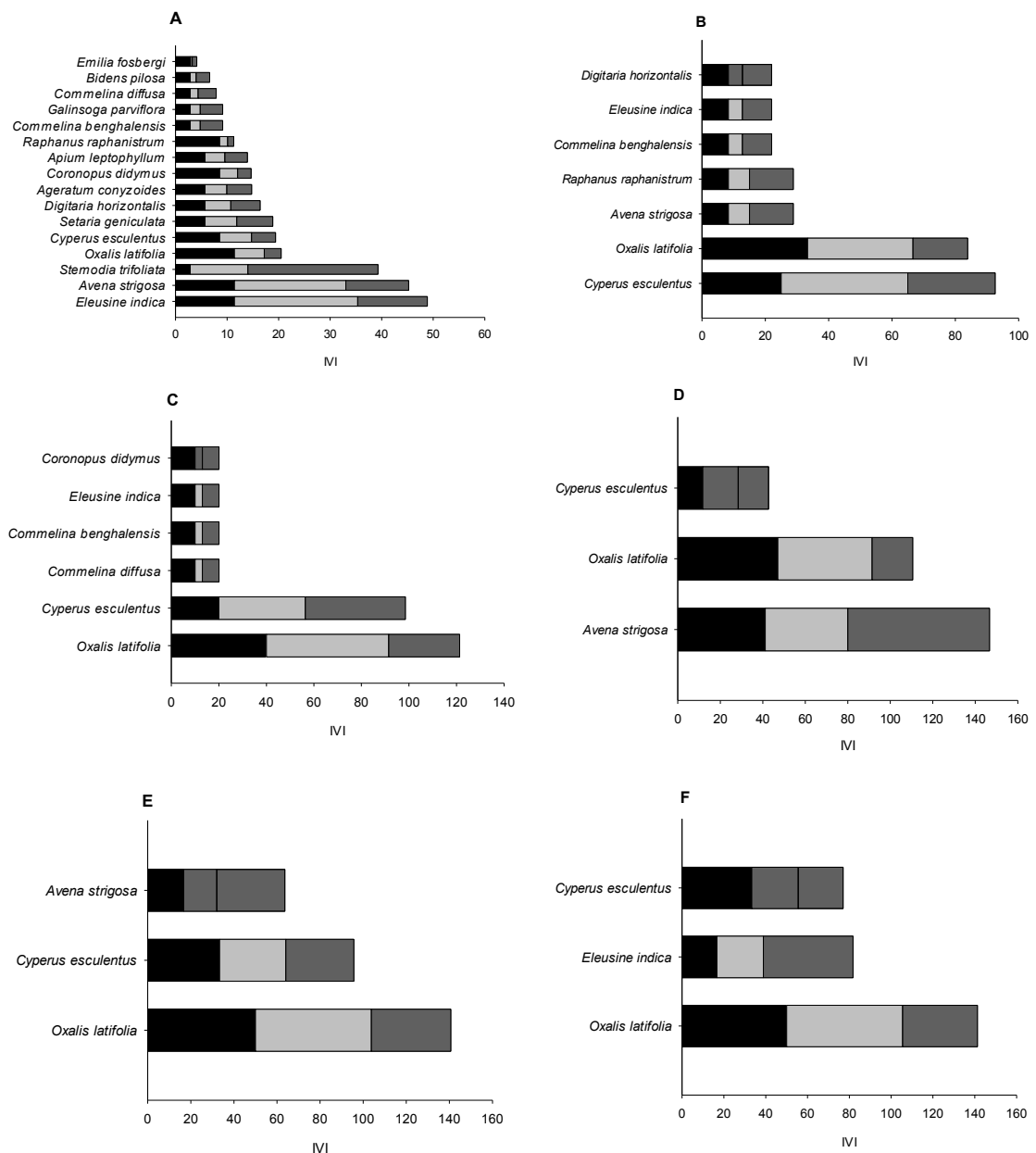
No espaçamento entre linhas de 0,45 m as espécies *E. indica*, *A. strigosa* e *Stemodia trifoliata* foram as principais espécies dentre as 16 plantas daninhas de maior importância na testemunha sem controle (Figura 3 A). A *S. trifoliata* apresentou IVI

igual a 39 %, em razão da maior abundância relativa (25 %). A abundância representa a distribuição das plantas de uma mesma espécie na área, de modo que valores maiores de abundância caracteriza a ocorrência concentrada da espécie em determinados pontos, revelando o aparecimento dela em reboleira (Inoue et al., 2012). Esta espécie é considerada uma planta pouco frequente, ocorrendo principalmente nos estados do sul do país, nas áreas de pomares, cafezais e jardins e que raramente forma populações elevadas (Lorenzi, 2000).

Houve menor número de espécies de plantas daninhas nas subparcelas que receberam aplicação de herbicidas, em relação a testemunha sem controle. Para aplicação de atrazine foram encontradas sete espécies (Figura 2 B), na mistura (atrazine + s-metolachlor) na dose de 720 g ha⁻¹ de s-metolachlor ocorreram seis espécies (Figura 2C), nas doses de 960 e 1200 de s-metolachlor ocorreram *A. strigosa*, *C. esculentus* e *O. latifolia* (Figura 2 D, E) e na maior dose de s-metolachlor ocorreram *O. latifolia*, *E. indica* e *C. esculentus* (Figura 2 F).

As espécies do gênero *Cyperus*, *C. esculentus* e *C. rotundus*, tem provocado grandes perdas de produtividade e inviabilizado área agrícolas de diferentes regiões. *C. esculentus* possui o ciclo C4 de fixação de carbono, o que lhe confere altas taxas fotossintéticas em condições de altas temperaturas e luminosidade, tal como ocorre no período de verão, com temperatura próxima de 30 °C. Além disso, os tubérculos de *C. rotundus* podem liberar substâncias alelopáticas (ácido dicarboxílico, fenólicos e graxos) no solo, na maioria das vezes por exsudação radicular, afetando negativamente o desenvolvimento das plantas circunvizinhas, incluindo as culturas agrícolas (Durigan, 1991).

Segundo Soares et al. (2003), os estudos fitossociológicos apresentam grandes limitações quando algumas populações estão presentes, por exemplo a população de *C. esculentus*. A densidade relativa superestima a participação dos indivíduos de *C. esculentus* na comunidade, pois considera cada manifestação epígea como uma planta. O mesmo pode ser verificado para *O. latifolia*, visto que cada bulbo pode apresentar aproximadamente 12 folhas em condições naturais de cultivo, superestimando a densidade de plantas por considerar cada folha uma planta.



Frequência relativa
 Densidade relativa
 Abundância relativa

Figura 3. Índice de valor de importância (IVI) das plantas daninhas aos 30 DAA de herbicidas no espaçamento de 0,45 m entre linha do sorgo sacarino, Viçosa, MG, 2014. A) Testemunha sem controle; B) Aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹); C) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹); D) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹); E) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹); F) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1400 g ha⁻¹).

No estudo fitossociológico realizado na combinação de espaçamentos entre linhas de 0,45-0,45-0,90 m de sorgo sacarino, aos 30 DAA, ocorreram 14 espécies de plantas daninhas na testemunha sem controle (Figura 4 A). As quatro principais espécies presentes nas parcelas sem controle foram *E. indica*, *A. strigosa*, *Setaria geniculata* e *Digitaria horizontalis*, todas pertencentes à família Poaceae. Estas espécies

têm crescimento favorecido em condições de verão, por apresentarem metabolismo C4 de fixação de CO₂, além disso, a distância entre linhas de 0,90 m permite maior incidência de luz nas entre linhas do sorgo, favorecendo, dessa forma, as plantas com maior resposta fotossintética em condições de intensa luminosidade.

Com aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹), as espécies *Urochloa plantaginea* e *E. indica* apresentaram os maiores valores de IVI, 84 e 52 %, respectivamente (Figura 4 B). A *U. plantaginea* foi a espécie que obteve o maior valor de abundância relativa (46,6 %) nas parcelas tratadas com atrazine isolada, o que caracteriza a ocorrência da população em reboleiras. De acordo com Maciel et al. (2002), a eficiência de atrazine no controle de *U. plantaginea* depende da época da aplicação e das condições de umidade no solo. Esses autores verificaram que absorção de atrazine (2500 g ha⁻¹) acrescido de óleo mineral via foliar, torna mais eficiente o controle dessa planta daninha no estágio de duas a três folhas, quando comparado ao controle pela absorção radicular.

No momento da aplicação dos herbicidas as plantas de sorgo sacarino apresentavam quatro folhas, enquanto, muitas gramíneas estavam nos estádios de desenvolvimento de três a cinco folhas. Plantas mais desenvolvidas normalmente são menos susceptíveis ao controle via absorção foliar dos herbicidas em pós-emergência, uma vez que elas apresentam cutícula mais grossa e menor atividade metabólica (Fleck et al., 1997). Outros fatores a serem considerados como limitantes da absorção foliar são as maiores quantidades de ceras cuticulares na superfície adaxial da epiderme de diferentes espécies da família Poaceae, assim como, a presença de tricomas que proporcionam menor área de molhamento da superfície foliar (Mendonça, 2000; Maciel et al., 2002).

Nas subparcelas que receberam a mistura de herbicidas, as espécies *C. esculentus* e *O. latifolia* apresentaram os maiores valores de IVI (Figura 4 D, E, F), exceto na menor dose de s-metolachlor onde a *A. strigosa* foi a espécie de maior importância (Figura 4 C). O controle químico adotado, apenas retarda o crescimento de *C. esculentus* e *O. latifolia*, visto que os herbicidas testados tem ação efetiva na parte aérea, permanecendo o sistema vegetativo subterrâneo intacto. Este apenas é afetado por herbicidas sistêmicos, o que não é suficiente para destruir as partes vegetativas responsáveis pela propagação de novas plantas. Um bulbo de *O. latifolia* pode gerar cerca de 14 estolões, estes apresentam nas suas terminações os primórdios de bulbilhos que formaram novos bulbos após a degeneração da porção estolonífera (Estelita-

Teixeira, 1977). Já um tubérculo de *C. esculentus* tem capacidade para produzir 11 novos tubérculos (Kuva et al., 1995). Dessa maneira, para maior controle dessas infestantes, são necessárias medidas preventivas, como a limpeza de equipamentos e implementos, evitando que propágulos sejam transferidos de uma área infestada para outra não infestada. Além disso, o sistema de plantio direto, com reduzida movimentação de solo e manutenção de cobertura morta, pode proporcionar redução de até 94 % na brotação dos tubérculos de *C. rotundus* (Jakelaitis et al., 2003).

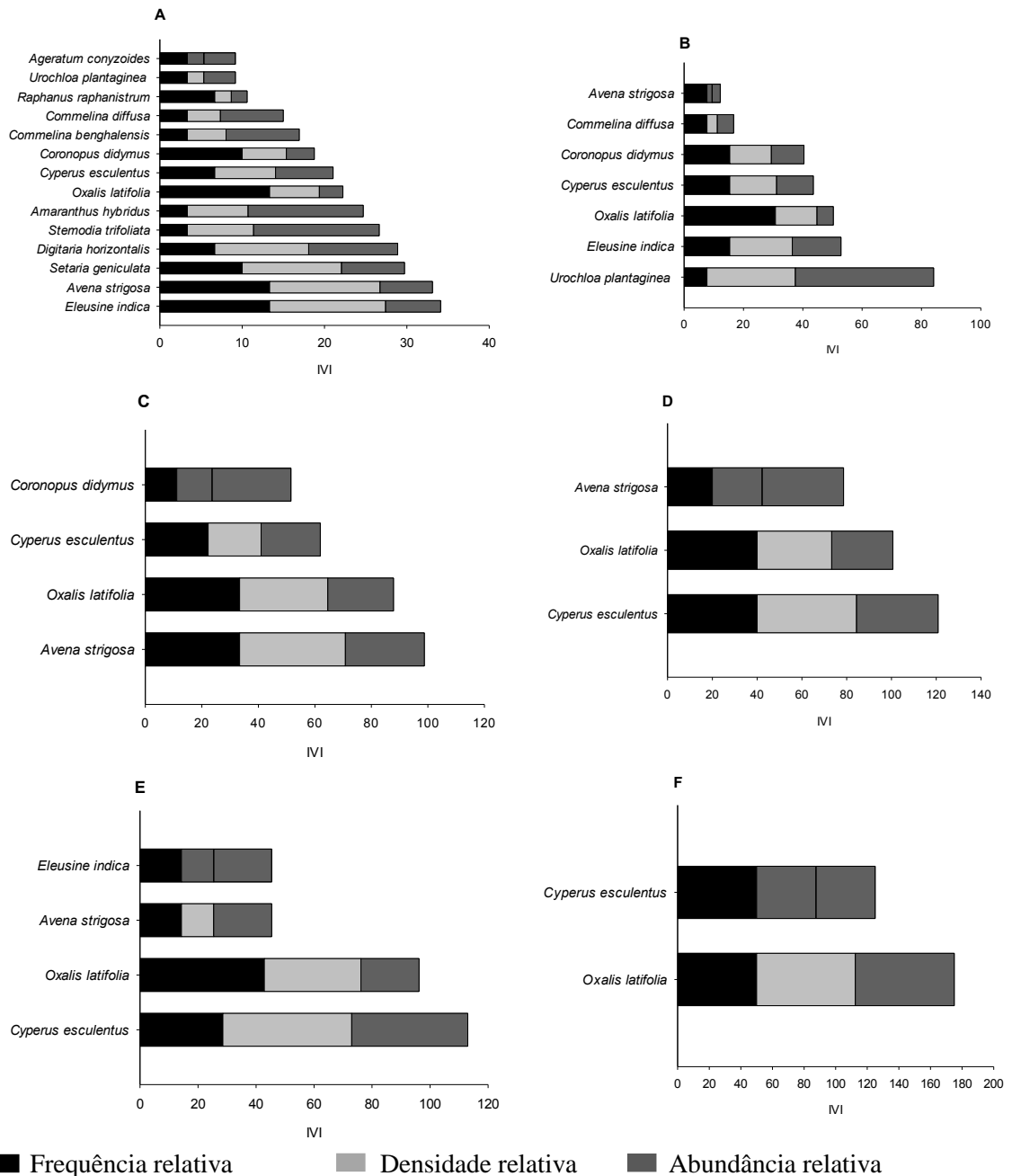


Figura 4. Índice de valor de importância (IVI) das plantas daninhas aos 30 DAA de herbicida no espaçamento de 0,45-0,45-0,90 m entre linhas do sorgo sacarino, Viçosa, MG, 2014. A) Testemunha sem controle; B) Aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹); C)

Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹); D) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹); E) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹); F) Aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1400 g ha⁻¹).

Com base no estudo fitossociológico das plantas daninhas observa-se que aplicação de herbicidas reduziu drasticamente a diversidade de espécies de plantas daninhas, independentemente do espaçamento entre linhas do sorgo sacarino, (Figuras 1, 2, 3, 4). Nas áreas que receberam aplicação de herbicidas ocorreu domínio de poucas espécies, as quais apresentam tolerância parcial ou total aos mesmos. A mistura (atrazine + s-metolachlor) apresentou ação sobre maior diversidade de plantas daninhas com relação à aplicação isolada de atrazine, visto que o s-metolachlor promove controle mais eficiente das gramíneas que, geralmente, apresentam mecanismo de tolerância ao atrazine.

Por meio do Índice de Similaridade (IS) foi possível relatar as espécies daninhas similares existentes entre os tratamentos avaliados (Tabela 6). Os coeficientes de similaridades foram maiores ou iguais a 75 % entre as testemunhas sem controle químico de plantas daninhas, evidenciando alta semelhança das espécies na área experimental e reduzido efeito dos espaçamentos entre linhas do sorgo sacarino sobre a comunidade de plantas daninhas. Os IS entre a testemunha sem controle e a aplicação isolada de atrazine foram de 56, 60,9 e 66,7 % nos espaçamentos de 0,25 m, 0,45 m e 0,45-0,45-0,90 m respectivamente. Segundo Felfili & Venturoli (2000), similaridade acima de 50% representa alta semelhança na flora infestante entre as áreas estudadas, dessa maneira, a alta similaridade das espécies daninhas entre a testemunha e aplicação de atrazine pode ser entendida pela baixa susceptibilidade de algumas espécies ao atrazine. As espécies *C. esculentus*, *O. latifolia*, *A. strigosa*, *E. indica* e *Commelina* sp. ocorreram em comum nas testemunhas e na aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹), nos diferentes espaçamentos estudados.

A mistura (atrazine + s-metolachlor) influenciou na dinâmica da comunidade infestante da área experimental de maneira mais acentuada, quando comparado ao efeito da aplicação isolada de atrazine (Tabela 6). Os IS das misturas de atrazine e s-metolachlor com as testemunhas sem controle foram menores que 50 % nos diferentes espaçamentos. A mistura dos herbicidas proporcionou maior espectro de ação sobre a comunidade de plantas daninhas, em função da especificidade do s-metolachlor sobre gramíneas. As espécies *Eragrotis pilosa*, *Setaria geniculata*, *Echinochloa colonum* e

Rottboellia exaltata não ocorreram nas parcelas que receberam aplicação de s-metolachlor.

Dentro dos espaçamentos houve diferenças na similaridade de plantas daninhas para as diferentes doses de s-metolachlor em mistura com atrazine (2000 g ha⁻¹). No espaçamento de 0,25 m, o IS das plantas daninhas entre a dose de 720 g ha⁻¹ e a dose de 960 g ha⁻¹ foi de 88,9 %, enquanto, no espaçamento de 0,45 m o IS entre estas doses foi de 44,4 %. Nos três espaçamentos entre linhas do sorgo, o IS das plantas daninhas entre a menor dose e a maior dose de s-metolachlor em mistura com atrazine foi igual a 66,7%. As principais plantas daninhas presentes nas parcelas que receberam s-metolachlor foram *C. esculentus* e *O. latifolia*, devido à baixa eficiência dos herbicidas no controle destas espécies.

Tabela 6 - Coeficiente de similaridade fitossociológica entre os tratamentos, em função da aplicação de herbicidas e diferentes espaçamentos entre linhas do sorgo sacarino, aos 30 DAA de herbicidas. Viçosa, MG, 2014

Tratamentos ^{1/}	-----0,25 m-----						-----0,45 m-----						-----0,45-0,45-0,90 m-----						
	Test.	Atrazine	A+S 1	A+S 2	A+S 3	A+S 4	Test.	Atrazine	A+S 1	A+S 2	A+S 3	A+S 4	Test.	Atrazine	A+S 1	A+S 2	A+S 3	A+S 4	
0,25 m	Test.	100,0	56,0	43,5	36,4	36,4	36,4	82,4	56,0	41,7	41,7	28,6	28,6	75,0	48,0	36,4	28,6	36,4	20,0
	Atrazine		100,0	66,7	72,7	54,5	72,7	34,8	71,4	61,5	60,0	60,0	60,0	57,1	71,4	54,5	60,0	72,7	44,4
	A+S 1			100,0	88,9	66,7	66,7	38,1	66,7	36,4	75,0	75,0	50,0	52,6	66,7	66,7	75,0	66,7	57,1
	A+S 2				100,0	75,0	75,0	30,0	54,5	40,0	85,7	85,7	57,1	44,4	72,7	75,0	85,7	75,0	66,7
	A+S 3					100,0	75,0	40,0	72,7	40,0	85,7	85,7	57,1	44,4	54,5	75,0	85,7	75,0	66,7
	A+S 4						100,0	40,0	72,7	60,0	85,7	85,7	85,7	44,4	72,7	75,0	85,7	100,0	66,7
0,45 m	Test.						100,0	60,9	54,5	31,6	31,6	31,6	80,0	52,2	40,0	31,6	40,0	22,2	
	Atrazine							100,0	61,5	60,0	60,0	60,0	66,7	57,1	54,5	60,0	72,7	44,4	
	A+S 1								100,0	44,4	44,4	66,7	60,0	76,9	60,0	44,4	60,0	50,0	
	A+S 2									100,0	100,0	66,7	35,3	60,0	85,7	100,0	85,7	80,0	
	A+S 3										100,0	66,7	35,3	60,0	85,7	100,0	85,7	80,0	
	A+S 4											100,0	35,3	60,0	57,1	100,0	85,7	80,0	
0,45-0,45-0,90 m	Test.												100,0	66,7	44,4	35,3	44,4	25,0	
	Atrazine													100,0	72,7	60,0	72,7	44,4	
	A+S 1														100,0	85,7	75,0	66,7	
	A+S 2															100,0	85,7	80,0	
	A+S 3																100,0	66,7	
	A+S 4																		100,0

^{1/} Test. = Testemunha sem controle; Atrazine = aplicação de atrazine (2000 g ha⁻¹); A+S 1= aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 720 g ha⁻¹); A+S 2= aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 960 g ha⁻¹); A+S 3= aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1200 g ha⁻¹); A+S 4= aplicação de atrazine + s-metolachlor (2000 + 1400 g ha⁻¹).

4.6 CONCLUSÕES

As espécies de plantas daninhas que prevaleceram na área de sorgo sacarino foram das famílias Poaceae e Asteraceae.

O espaçamento de 0,25 m proporciona maior infestação de plantas daninhas; todavia, a massa da matéria seca das plantas daninhas não foi afetada pelos diferentes espaçamentos.

As doses 960 e 1440 g ha⁻¹ de s-metolachlor em mistura ao atrazine proporcionam melhor controle das plantas daninhas.

As espécies *Cyperus esculentus* e *Oxalis latifolia* são menos susceptíveis a ao atrazine e s-metolachlor, visto que as espécies apresentam altos valores IVI, independente da dose de s-metolachlor aplicada.

A aplicação de atrazine proporciona alta similaridade das plantas daninhas em relação a testemunha sem aplicação de herbicidas, no entanto, com a mistura ao s-metolachlor o índice de similaridade foi consideravelmente reduzido.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEGAS, F. S. et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.705-716, 2010.

BAHLER, C. C.; VOGEL, K. P.; MOSER, L. E. Atrazine tolerance in warm-season grass seedlings. **Agronomy**, v.76, 1984.

BARBASH, J. E. et al. Major herbicides in ground water: results from the national water-quality assessment. **Journal Environmental**, v.30, n.3, p.813-845, 2001.

BEGNA, S. H. et al. Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. **European Journal of Agronomy**, v.14, n.4, p.293-302, 2001.

BIANCHI, M. A. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, v.28, p.979-991, 2010.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979. 820p.

BRIGHENTI, A. M. et al. Persistência e fitotoxicidade do herbicida atrazine aplicado na cultura do milho sobre a cultura do girassol em sucessão. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.291-297, 2002.

BRIGHENTI, A. M. et al. Seletividade de herbicidas à cultura do sorgo. In: **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 29., 2012, Águas de Lindóia, Anais... Águas de Lindóia: SBMS, 2012. p. 1092-1096.

BOLLMAN, J. D. et al. Efficacy and tolerance to HPPD-inhibiting herbicides in sweet corn. **Weed Technology**, v.22, n.4, p.666-674, 2008.

DAN, H. A. et al. Influência do estágio de desenvolvimento de *Cenchrus echinatus* na supressão imposta por atrazine. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.179-184, 2011.

DANGWAL, L. R. et al. Common weeds of kharif crops of Block Sunderbani District Rajouri (Jammu and Kashmir). **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v.17, n.1, p.9-15, 2011.

DURINGA, J. C. **Manejo da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) antes e durante a implantação da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)** 1991. 336f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1991.

ESTELITA-TEIXEIRA, M. E. Propagação Vegetativa de *Oxalis latifolia* Kunth (oxidaceae). **Boletim Botânica**, v.5, p. 13-20, 1977.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.195-201, 2004.

FELFILI, J. M.; VENTUROLI, F. Tópicos em análise de vegetação. **Comunicações Técnicas Florestais**, v.2, n.2, p.1-25, 2000.

FLECK, N. G.; CUNHA, M. M.; VARGAS, L. Dose reduzida de clethodim no controle papuã na cultura da soja, em função da época de aplicação. **Planta Daninha**, v.15, n.1, p.18-24, 1997.

INOUE, M.H. et al. Levantamento fitossociológico em pastagem. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.55-63, 2012.

JAKELAITIS, A. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.71-79, 2003.

JAKELAITIS, A. et al. Efeito de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p. 69-78, 2005.

KNEZEVIC, S. Z.; EVANS, S. P.; MAINZ, M. Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.**, v.17, n.4, p.666-673, 2003.

KRUTZ, J. L.; SHANER, D. L. Atrazine dissipation in s-triazine-adapted and nonadapted soil from Colorado and Mississippi: implications of enhanced degradation

on atrazine fate and transport parameters. **Journal Environmental**, v.37, n.3, p.848-857, 2008.

KUVA, M. A.; ALVES, P. L. C. A.; ERASMO, E. L. A. Efeito da solarização do solo através de plástico transparente sobre o desenvolvimento da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Planta Daninha**, v. 13, n.1, 1995.

LOPEZ, M. L.; ROYO-ESNAL, A. Poblaciones infectantes de *Oxalis latifolia* en tres cultivos de Guipúzcoa. **Publicaciones de Biología - Serie Botánica**, v.15, p.39-52, 2003.

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

MACIEL, C. D. G. et al. Método alternativo para avaliação da absorção de atrazine por plantas de *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.431-438, 2002.

MACIEL, C. D. G. et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cafezal orgânico. **Bragantia**, v.69, n.3, p.631-636, 2010.

MARCACCI, S. et al. The possible role of hydroxylation in the detoxification of atrazine in mature vetiver (*Chrysopogon zizanioides* Nash) grown in hydroponics. **Journal Bioscience**, v.60, n.5, p. 427-434, 2005.

MARTINS, D. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre capim-braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1969-1974, 2007.

MAY, A. et al. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p.278-290, 2012.

MENDONÇA, C. G. **Algumas características da superfície foliar de diversas plantas daninhas monocotiledôneas**. 2000. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

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.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Journal ConsHerb**, v.1, n.2, p.1-7, 2000.

PRADO, R.; ROMERA, E.; MENENDEZ, J. Atrazine detoxification in *Panicum dichotomiflorum* and target site *Polygonum lapathifolium*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.52, n.1, p.1-11, 1995.

RECTOR, R. J. et al. Atrazine, s-metolachlor, and isoxaflutole loss in runoff as affected by rainfall and management. **Weed Science**, v.51, n.5, p.810-816, 2003.

RIZZARDI, M.A.; SILVA, L.F. Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.669-675, 2006.

RIZZARDI, M. A. et al. Controle de plantas daninhas em milho em função de épocas de aplicação de nitrogênio. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.113-121, 2008.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina: UEL, 2011. 697p.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, v.29, p.1159-1117, 2011.

SCHWAB, A.P.; SPLICHAL, P.A.; BANKS, M.K. Persistence of atrazine and alachlor in ground water aquifers and soil. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.171, n.4, p.203-2035, 2006.

SILVA, A. A. et al. Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.17-24, 2005.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. 260p.

SILVA, et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. In: Congresso Brasileiro de Agronomia, 28., 2013, Cuiabá. Segurança alimentar e nutricional: Anais... Cuiabá: CONFAB: AEAMT, 2013. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca>>. Acesso em: 03 jul. 2014.

SOARES, D. J. et al. Período de interferência das plantas daninhas na cultura de cebola (*Allium cepa*) transplantada. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.387-396, 2003.

SOARES, M. B. B. et al. Fitossociologia de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo em áreas de reforma de cana crua. **Agroambiente**, v.5, n.3, p.173-181, 2011.

TIMOSSI, P. C. Manejo de rebrotes de *Digitaria insularis* no plantio direto de milho. **Planta Daninha**, v. 27, n.1, p.175-179, 2009.

TREZZI, M. M. et al. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.845-853, 2008.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas na condição de campo: I-Plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.217-223, 2004.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução no espaçamento entre linhas do sorgo sacarino aumentou a produtividade da cultura e a aplicação da mistura (atrazine + s-metolachlor) pode ser opção no manejo de plantas daninhas no sorgo sacarino, principalmente, no controle de gramíneas. No entanto, doses acima de 960 g ha^{-1} de s-metolachlor em mistura com atrazine podem comprometer o crescimento e produtividade do sorgo sacarino, por proporcionar maior intoxicação a cultura e redução na produtividade de matéria fresca das plantas. Além disso, houve redução do °Brix e dos teores de sacarose e açúcares totais do caldo nas plantas tratadas com a mistura. Quanto ao arranjo de plantas no campo constatou-se que o sorgo sacarino cultivado no espaçamento entre linhas de 0,25 m apresentou maior produtividade de matéria fresca e massa de caldo. Entretanto, embora a combinação de espaçamentos (0,45-0,45-0,90 m) tenha reduzido à produtividade de matéria fresca e a massa de caldo, neste espaçamento houve aumento nos teores de sacarose e açúcares totais do caldo. Estes fatos justificam novas pesquisas para melhor entendimento dessas interações considerando as diferentes condições edafoclimáticas das regiões potencialmente produtoras do sorgo sacarino no Brasil.