



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

JOANA GOMES DE MOURA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE SORGO
SACARINO NO SEMIÁRIDO**

**FORTALEZA
2017**

JOANA GOMES DE MOURA

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE SORGO
SACARINO NO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M887s Moura, Joana Gomes de.
Seletividade de herbicidas e avaliação agronômica de sorgo sacarino no semiárido / Joana Gomes de Moura. – 2017.
61 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira.

Coorientação: Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira.

1. Sorgum bicolor (L) Moench. 2. Etanol. 3. Mistura de herbicidas. I. Título.

CDD 630

JOANA GOMES DE MOURA

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE SORGO
SACARINO NO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

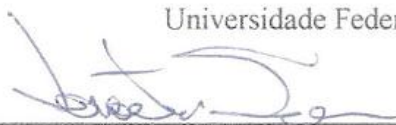
Aprovada em: 20 de fevereiro de 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira (Orientador)

Universidade Federal do Ceará



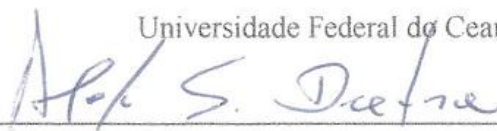
Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira (Coorientador)

Universidade Federal do Ceará



Prof^a. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita (Conselheira)

Universidade Federal do Ceará



Prof. Dr. Alek Sandro Dutra (Conselheiro)

Universidade Federal do Ceará

A minha família em especial aos meus pais:
Francisca Gomes de Moura e Pedro Felix de
Moura e aos meus irmãos que sempre me
incentivam e me apoiam.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre guiar-me nas minhas escolhas e me dar a sabedoria necessária para vencer cada etapa dessa trajetória.

Aos meus pais, Francisca Gomes de Moura e Pedro Felix de Moura (em memória), em especial a minha mãe pelo exemplo de vida e por toda a contribuição para minha formação pessoal e profissional.

Aos meus irmãos Cicera Gomes de Moura, Rita Gomes de Moura, Maria Gomes de Moura (Fabiana), José Gomes de Moura, Cicero Gomes de Moura, Antonio Gomes de Moura, Maria Gomes de Moura (Cristina), Salomão Gomes de Moura e ao meu sobrinho Pedro Neto Gomes de Oliveira, pelo apoio e incentivo.

A Wesley Costa Silva, meu namorado e amigo, pela contribuição na realização desse trabalho, pelo companheirismo, pelo amor e carinho dedicados a mim.

A Universidade Federal do Ceará pelo apoio durante essa jornada.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro e incentivo a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira, pela orientação e contribuição para realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, o Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira, Prof^a. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita e Prof. Dr. Alek Sandro Dutra pelas correções e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos membros do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Grandes Culturas - NUGRAC, especialmente, Tatiana Maria da Silva, Fidel Carlos Barroso Lucas, André Luis da Silva Parente Nogueira, Italo Emerson Trindade Viana, José Arnaldo Farias Sales e Aline Maria Nunes Sales.

Ao dedicados funcionários da Fazenda Experimental Vale do Curu pelo acolhimento, apoio e contribuição, direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

Aos coordenadores dos Laboratórios de Fisiologia da Produção, Laboratório do Parque de Desenvolvimento Tecnológico (PADETEC) e do Laboratório Multiusuário de Biologia Molecular Aplicada à Agricultura (BIOAGRI) que disponibilizaram equipamentos e o espaço possibilitando as análises desse ensaio.

Aos servidores da Universidade Federal do Ceará pelo apoio logístico.

E a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho e para a minha formação profissional.

RESUMO

O aumento da demanda por etanol contribuiu para que o sorgo sacarino desponte como importante alternativa na geração de biomassa para a produção desse biocombustível, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar. No entanto, um dos principais problemas na cultura do sorgo tem sido o manejo das plantas daninhas que é dificultado pela falta de herbicidas seletivos para a cultura. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento de genótipos de sorgo sacarino submetidos ao controle químico de plantas daninhas. Os genótipos de sorgo utilizados foram o BRS 506, BRS 511 e SF 15, submetidos ao manejo de plantas daninhas, com mistura dos seguintes tratamentos: atrazine + nicosulfuron ($2.500 + 50 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 40 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 30 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 20 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 10 \text{ g ha}^{-1}$) e ausência de controle. O experimento foi realizado em uma área experimental da Fazenda Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, Pentecoste – CE. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×6 , com quatro repetições. Foram realizadas avaliações da produção de biomassa fresca e seca (folha, panícula e colmo) e dos caracteres relacionadas ao caldo extraído do colmo (rendimento, peso, densidade, sólidos solúveis totais, conteúdo de carboidratos solúveis totais e a produção estimada de etanol). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de média e regressão. As doses de 30 e 40 g ha^{-1} de nicosulfuron em mistura com atrazina foram seletivas para a cultura e resultaram em alta produtividade do sorgo sacarino. Os resultados evidenciam que os genótipos BRS 506 e BRS 511 têm elevado potencial para cultivo, devido ao maior rendimento tanto nas características relacionadas à produção de fitomassa quanto nas variáveis relacionadas à produção de etanol.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L) Moench. Etanol. Mistura de herbicidas.

ABSTRACT

The increase in the demand for ethanol contributes to sweet sorghum emerging as an important alternative in the generation of biomass for the production of this biofuel, mainly in the sugar cane harvest. However, one of the main problems in sorghum cultivation has been the management of weeds that is hampered by the lack of selective herbicides for the crop. Therefore, the objective of this work was to evaluate the behavior of sorghum genotypes submitted to chemical weed control. The sorghum genotypes used were BRS 506, BRS 511 and SF 15, submitted to weed management, with a mixture of the following treatments: atrazine + nicosulfuron (2.500 + 50 g ha⁻¹), (2.500 + 40 g ha⁻¹), (2.500 + 30 g ha⁻¹), (2.500 + 20 g ha⁻¹), (2.500 + 10 g ha⁻¹) and no control. The experiment was carried out in an experimental area of the Curu Valley Farm of the Federal University of Ceará, Pentecoste – CE. The experimental design was randomized blocks, in a 3 x 6 factorial scheme, with four replications. Fresh and dry biomass production (leaf, panicle and stem) and yield related traits (yield, weight, density, total soluble solids, total soluble carbohydrate content and estimated ethanol production) were evaluated. Data were submitted to analysis of variance, mean comparison test and regression. The doses of 30 and 40 g ha⁻¹ of nicosulfuron in mixture with atrazine were selective for the crop and resulted in high yield of sweet sorghum. The results show that the genotypes BRS 506 and BRS 511 have a high potential for cultivation, due to the higher yield both in the characteristics related to the phytomass production and in the variables related to the ethanol production.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L) Moench. Ethanol. Herbicide mixture.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DE MISTURA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NO SORGO SACARINO

Figura 1 – Desdobramento da interação de dose vs genótipo sobre a massa fresca de folhas, panículas, colmo e total de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina..... 30

Figura 2 – Desdobramento da interação de dose vs genótipo sobre a massa seca de folhas, panículas, colmo e total de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina..... 36

CAPÍTULO II - MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Figura 1 – Desdobramento da interação de dose vs genótipo sobre o rendimento e peso do caldo de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina..... 52

Figura 2 – Média do conteúdo de carboidratos solúveis totais de três genótipos de sorgo sacarino submetidos a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina..... 53

Figura 3 – Desdobramento da interação de genótipos vs dose sobre a produção de etanol de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina..... 54

Figura 4 – Dados de sólidos solúveis totais de três genótipos de sorgo sacarino submetidos a aplicação de doses de nicosulfuron em mistura a atrazina..... 55

APÊNDICE

Figura 1 – Croqui da área experimental em Pentecoste-CE.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DE MISTURA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NO SORGO SACARINO

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Resumo da análise de variância da biomassa fresca de plantas de sorgo sacarino submetidas à doses de herbicida..... | 27 |
| Tabela 2 – Teste de médias do desdobramento de genótipos vs dose para biomassa fresca..... | 28 |
| Tabela 3 – Resumo da análise de variância da biomassa seca de plantas de sorgo sacarino submetidas à doses de herbicida..... | 33 |
| Tabela 4 – Teste de médias do desdobramento de genótipos vs dose para biomassa seca..... | 34 |

CAPÍTULO II - MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Resumo da análise de variância das características do caldo de plantas de sorgo sacarino submetidas à doses de herbicida..... | 50 |
| Tabela 2 – Teste de médias do desdobramento de genótipos vs dose para rendimento e peso do caldo..... | 51 |

APÊNDICE

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos referentes ao período de condução do experimento em Pentecoste – CE, de março a julho de 2016..... | 60 |
| Tabela 2 – Atributos químicos e físicos do solo da área experimental, avaliados na camada de 0 – 20 e 20 – 40 cm..... | 60 |

SUMÁRIO

| | | |
|---|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 2.1 | A cultura do sorgo | 13 |
| 2.2 | Sorgo sacarino | 14 |
| 2.3 | Manejo de plantas daninhas | 14 |
| 2.3.1 | <i>Controle químico de plantas daninhas</i> | 15 |
| 2.3.2 | <i>Mistura de herbicidas</i> | 16 |
| 2.3.3 | <i>Seletividade de herbicidas</i> | 17 |
| | REFERÊNCIAS | 19 |
| CAPÍTULO I - SELETIVIDADE DE MISTURA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NO SORGO SACARINO | | |
| 3 | RESUMO | 21 |
| 4 | ABSTRACT | 22 |
| 5 | INTRODUÇÃO | 23 |
| 6 | MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 7 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 8 | CONCLUSÕES | 39 |
| | REFERÊNCIAS | 40 |
| CAPÍTULO II - MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL | | |
| 9 | RESUMO | 43 |
| 10 | ABSTRACT | 44 |
| 11 | INTRODUÇÃO | 45 |
| 12 | MATERIAL E MÉTODOS | 47 |
| 13 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 50 |
| 14 | CONCLUSÕES | 57 |
| | REFERÊNCIAS | 58 |
| | APÊNDICE | 60 |

1 INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma cultura agrícola de alto potencial energético apresentando vantagens como boa eficiência no uso de água e bom desenvolvimento em diferentes climas e solos (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011) e, assim, se torna uma alternativa interessante para a produção de bioetanol em locais em que as condições edafoclimáticas limitam a exploração de outras culturas, como em regiões áridas e semiáridas. O sorgo sacarino se destaca como uma alternativa para produção de etanol na reforma de canaviais e em áreas onde não é apropriado o cultivo de cana-de-açúcar. O ciclo curto de 110-130 dias, facilidade de mecanização e altos níveis de fermentação de açúcares presentes no caule favorecem o uso de sorgo para produção de etanol (RATNAVATHI *et al.*, 2010).

No Brasil, o aumento da demanda por etanol contribuiu para que o sorgo sacarino desponte como importante alternativa na geração de biomassa para a produção desse biocombustível, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar (MAY *et al.*, 2012). Dessa forma verifica-se que o cultivo de sorgo sacarino tem potencial para manter em atividade as usinas na entressafra da cana visto que os mesmos equipamentos de moagem, fermentação e destilação utilizados na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar podem ser empregados na fabricação de etanol de sorgo sacarino (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012). Apenas são necessários pequenos ajustes operacionais nos processos de extração, moagem e clarificação do caldo (SRINIVASA *et al.*, 2009).

Existem vários genótipos de sorgo sacarino, com alto potencial produtivo e grande teor de açúcar no colmo, mas são necessários estudos de genótipos adaptados às condições climáticas da região Nordeste. Pesquisas que possibilitem a indicação de genótipos adaptados e formas de manejo adequadas para o semiárido tornam-se fundamentais para se alcançar a estabilidade da cultura na região, não somente para cobrir a demanda de etanol no período de entressafra das usinas sucroalcooleiras, mas também para abrir novos mercados no âmbito da agricultura familiar (LESSA, 2015). A expansão das áreas cultivadas com sorgo sacarino é depende diretamente de tecnologias adaptadas para o setor sucroenergético. Assim, para consolidar a ampliação de áreas com essa cultura e obter rendimento potencial satisfatório, é necessário que os tratos culturais sejam realizados de maneira adequada para garantir a máxima produtividade da cultura.

Tratos culturais como o controle de plantas daninhas, tem sido uma tarefa desafiadora para os agricultores que trabalham com a cultura do sorgo sacarino,

principalmente devido ao seu lento desenvolvimento inicial e por ser uma cultura susceptível à interferência das plantas daninhas nos estádios iniciais (SILVA *et al.*, 2014a). É importante destacar que o manejo de plantas daninhas quando não realizado ou realizado de forma inadequada pode onerar o custo de produção e/ou acarretar perdas qualitativas e quantitativas no rendimento da cultura (CIUBERKIS *et al.*, 2007).

Mistura de herbicidas são utilizadas no controle de plantas daninhas, em muitas culturas, por sua eficiência no controle de um maior número de espécies de plantas daninhas e menor custo em aplicações, podendo também ser considerada uma prática benéfica na prevenção de plantas daninhas resistentes aos herbicidas (OWEN & ZELAYA, 2005). Todavia são necessárias pesquisas sobre as prováveis interações entre os herbicidas, pois o uso conjunto de princípios ativos para mistura em tanque pode provocar efeitos adversos sobre as plantas daninhas, mas também sobre a cultura (VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2015).

No entanto, a carência de herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas em sorgo sacarino e a sensibilidade da cultura aos herbicidas, principalmente, aos utilizados no controle de gramíneas, torna o manejo de plantas daninhas um fator limitante à produção. Diante do exposto e da carência de estudos relacionados com o controle químico de plantas daninhas, verifica-se a importância do desenvolvimento de pesquisas visando a obtenção de mistura de herbicidas que sejam seletivos para a cultura do sorgo sacarino e que controlem de forma efetiva as plantas daninhas, possibilitando maior produtividade da cultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do sorgo

O sorgo é uma planta pertencente à família *Poaceae*, do gênero *Sorghum*, e da espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É uma monocotiledônea C4, de dias curtos, com taxas fotossintéticas altas e geralmente requer temperatura média de 27 °C e precipitação anual entre 375 e 625 mm. Apresenta raízes com grande quantidade de pelos absorventes, com presença de sílica na endoderme e lignificação do periciclo, o que confere a cultura uma maior tolerância ao excesso de umidade e também ao déficit hídrico no solo. Seu caule do tipo colmo é dividido em nós e entrenós, apresenta folhas alternadas ao longo de toda a planta e pode atingir de 1,20 a 4,00 metros de altura. A planta adulta em fase de reprodução forma uma inflorescência terminal do tipo panícula. Seus frutos são cariopse ou grão seco dispostos numa espiga sésil, fértil, acompanhada por duas espiguetas estéreis pedunculadas que caracterizam o gênero (VON PINHO *et al.*, 2014).

A planta de sorgo é resultado da domesticação pelo homem que vem transformando-a para satisfazer as necessidades humanas. O sorgo possui extraordinária capacidade de produção de energia e enorme potencial de produção em regiões quentes e secas, por ser bem adaptada a ambientes extremos quando comparada a outras espécies tais como o milho, também utilizado na produção de etanol (RIBAS, 2014). Essa rusticidade da cultura às condições ambientais confere ao sorgo condições favoráveis à sua adaptação em locais com baixo suprimento hídrico, como a região semiárida (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011).

A cultura do sorgo tem sido explorada para diversas finalidades, como por exemplo, utilização na alimentação animal, na alimentação humana, como matéria-prima para a produção de etanol, para fabricação de bebidas alcoólicas e para fabricação de vassouras e produtos feitos de palha. A espécie *Sorghum bicolor* abrange cinco morfotipos de sorgo cultivado, apropriados para produção dos diversos produtos, são eles: o granífero, que tem os grãos como produto principal; o forrageiro, que é utilizada na produção de silagem; o vassoura, para a confecção de vassouras e artesanatos, o biomassa, para produção de energia e o sorgo sacarino, que apresenta colmo doce e suculento utilizado na produção de etanol de primeira geração (PONTES, 2013).

2.2 Sorgo sacarino

Entre as culturas de grande potencial energético as de maior destaque são a cana-de-açúcar, a beterraba açucareira e o sorgo sacarino. Dentre essas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol, especial destaque vem sendo dado ao sorgo sacarino devido a algumas características dessa cultura tais como: a rapidez do ciclo de produção, as facilidades de mecanização da cultura e o teor relativamente alto de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo (EMBRAPA, 2004). O sorgo sacarino se assemelha à cana-de-açúcar devido ao modo de armazenamento do açúcar que ocorre no colmo e por fornecer bagaço para a indústria, onde é utilizado como combustível para geração de calor e energia e para produção de etanol à base de celulose e difere desta pelo fato de ser cultivado a partir de sementes e apresentar um ciclo vegetativo bem mais curto de aproximadamente 120 dias (MAY *et al.*, 2013).

O sorgo sacarino é um excelente produto para produção de etanol e tem sido identificado como uma cultura de baixo custo de cultivo, pois, é uma planta com alta eficiência fotossintética, boa tolerância à seca e que requer o mínimo de fertilizantes para ser cultivada, além de apresentar rápido período de maturação (CALVIÑO & MESSING, 2012). No Brasil, o aumento pela demanda por etanol contribui para que o sorgo sacarino desponte como importante alternativa na geração de biomassa para a produção desse biocombustível, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar (MAY *et al.*, 2012). Dessa forma verifica-se que o cultivo de sorgo sacarino tem potencial para manter em atividade as usinas na entressafra da cana-de-açúcar, 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 sacarino (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012). Associado a esses fatores, o uso do sorgo sacarino também ajuda a diminuir a ociosidade da indústria, durante o período de entressafra da cana-de-açúcar, e por consequência, isso contribui para a diluição do custo fixo da usina (TOMAZ & ASSIS, 2013).

2.3 Manejo de plantas daninhas

Um dos principais problemas na cultura do sorgo tem sido o controle de plantas daninhas, que prejudicam a cultura pela competição por água, luz e nutrientes, principalmente pelo nitrogênio. Contudo, para consolidar a ampliação da área de cultivo com sorgo sacarino,

e obter rendimento potencial satisfatório, é necessário que os tratos culturais sejam realizados de maneira adequada para garantir a máxima produtividade da cultura. O manejo de plantas daninhas quando não realizado ou realizado de forma inadequada pode onerar o custo de produção e/ou acarretar perdas qualitativas e quantitativas no rendimento da cultura (CIUBERKIS *et al.*, 2007).

A expansão das áreas cultivadas com sorgo sacarino é dependente 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, quando a terceira folha está totalmente expandida e a planta encontra-se em pleno crescimento, e V11, quando a décima primeira folha está totalmente expandida e antecede o pendoamento (SILVA *et al.*, 2014b).

O manejo das plantas daninhas desta cultura é fator importante, no entanto tem sido dificultado pela falta de herbicidas seletivos, principalmente no controle de gramíneas. No Brasil, o principal ingrediente ativo registrado para uso na cultura do sorgo é o atrazine que possui registro para aplicação em pré e pós-emergência inicial na cultura do sorgo, sendo seu controle eficaz em um número relativamente pequeno de plantas daninhas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). Algumas pesquisas têm sido realizadas com o herbicida nicosulfuron visando obter informações a cerca da seletividade desse herbicida para a cultura do sorgo e também para as plantas daninhas, no entanto, há a necessidade de obter maiores informações com relação à dose a ser aplicada e a influência desse herbicida sobre a produção da cultura.

2.3.1 Controle químico de plantas daninhas

O controle químico consiste no uso de produtos de ação herbicida registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). É o método de controle mais utilizado e apresenta diversas vantagens, além de ser muito eficiente quando utilizado no manejo integrado de plantas daninhas (SILVA *et al.*, 2014a).

O uso de herbicidas pode prevenir a interferência de plantas daninhas, principalmente no início do ciclo da cultura, período durante o qual normalmente são causadas as maiores perdas devido à competição. Pode ser utilizado no manejo de espécies de plantas daninhas de difícil controle após a emergência, proporciona um controle mais efetivo na linha de plantio, tem flexibilidade quanto à época de aplicação e possibilita o plantio em

grandes áreas. Quando utilizado adequadamente, o controle químico pode resultar na formação de cobertura morta para proteção do solo e tem alto rendimento operacional, além disso, demanda pouca mão de obra (OLIVEIRA JUNIOR, 2011a).

De acordo com Concenço (2015), para realizar aplicação de herbicidas na cultura além dos cuidados com o controle das plantas daninhas, também deve-se ter cuidado com herbicidas residuais aplicados na cultura antecessora, normalmente a cana-de-açúcar, para que não haja danos ao desenvolvimento do sorgo. Assim, os cuidados no manejo de herbicidas associados à cultura do sorgo-sacarino são: 1) não deve ser aplicado herbicida com longo efeito residual; 2) deve ser feita uma boa dessecação antes do cultivo e o plantio do sorgo sacarino realizado em áreas isentas de plantas daninhas, e 3) deve ser realizado o manejo de plantas daninhas pós-emergência da cultura do sorgo-sacarino.

2.3.2 Mistura de herbicidas

Quando se fala em controle químico de plantas daninhas é importante destacar que existem centenas de espécies de plantas daninhas, que apresentam diferentes características morfológicas e fisiológicas, que lhes confere comportamento diferenciado em relação aos herbicidas utilizados. Desta forma misturas de herbicidas têm sido empregadas no controle de plantas daninhas com o intuito de aumentar o espectro de ação, e assim realizar o um controle mais efetivo (SILVA & SILVA, 2012).

Dentre os herbicidas com potencialidade de uso na cultura do sorgo o atrazine é recomendado para uso em pré e pós-emergência inicial (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011), sendo absorvido pelas raízes e translocado via apoplasto. O herbicida atrazine é do grupo químico das triazinas, que tem como característica o controle de espécies de folhas largas e apenas algumas gramíneas. Seu modo de ação consiste na inibição do fotossistema II, pelo bloqueio do transporte de elétrons que interrompe a fixação de CO₂ e produção de ATP e NADPH₂ (OLIVEIRA JUNIOR, 2011b). O uso de outro herbicida, eficiente no controle de gramíneas, em mistura com o herbicida atrazine pode resultar em melhor controle das plantas daninhas.

A mistura de nicosulfuron e atrazine, de uso muito comum em áreas cultivadas com milho para ampliar o espectro de ação no controle das plantas daninhas, tem potencial para uso no controle de plantas daninhas em áreas com a cultura do sorgo. O herbicida nicosulfuron pertencente ao grupo químico das sulfonilureias, e apresenta ação sobre

gramíneas e sobre algumas espécies de folhas largas. O mecanismo de ação consiste na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) na rota de síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (OLIVEIRA JUNIOR, 2011b).

De acordo com Belapart *et al.* (2013), a associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação pode permitir um controle mais eficiente das plantas daninhas, otimizando assim o manejo das mesmas. Vantagens e desvantagens da utilização de agrotóxicos em misturas podem ser apontadas. A adoção dessa prática pode propiciar economia de tempo, mão de obra, água, óleo diesel, além de proporcionar agilidade nas operações, facilidade de manejo da cultura e diminuição da compactação do solo. Por outro lado, a falta de regulamentação e de informação disponível, os riscos à saúde e ao ambiente, possibilidade de intoxicação da cultura, e a incompatibilidade química entre produtos em mistura são apontadas como desvantagens (GAZZIERO, 2015). Apesar de a mistura em tanque ser muitas vezes polêmica e proibida por lei, a recomendação no receituário agrônomo, é uma técnica bastante utilizada. Neste sentido, a associação de atrazine com nicosulfuron tem sido muito utilizada pelos produtores com o objetivo de aumentar o espectro de controle de plantas daninhas, principalmente na cultura do milho. Normalmente, nessas associações se reduz a dose de nicosulfuron. Cavalieri *et al.* (2008) relata casos de uso do nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine, destacando que a fitotoxicidade às plantas, está relacionada ao genótipo, dose utilizada e estágio fenológico da cultura e que o estudo desses fatores são de grande importância no manejo de plantas daninhas.

2.3.3 Seletividade de herbicidas

Os herbicidas podem ser classificados como seletivos ou não seletivos às culturas. Os seletivos podem ser aplicados na cultura, pois as plantas apresentam tolerância ou resistência baseada em algum modo de detoxificação do herbicida. Os não-seletivos são aqueles herbicidas que podem ocasionar sérios danos ou morte das plantas quando aplicados na cultura (KARAM & OLIVEIRA, 2007).

Um herbicida seletivo é aquele que é muito mais tóxico para algumas plantas do que para outras dentro de certos limites de: a) uma faixa específica de doses; b) método de aplicação e c) condições ambientais que precedem e sucedem a aplicação. Alguns erros cometidos pelos usuários, tais como escolha imprópria do produto, época de aplicação, dose

ou equipamento podem anular a diferença entre espécies tolerantes e susceptíveis e ambas podem ser injuriadas, ocasionando a perda da seletividade (OLIVEIRA JR & INOUE, 2011).

No que se refere à seletividade nos herbicidas químicos Atrazine e Nicosulfuron, é verificado que as triazinas simétricas como atrazine são degradadas em muitas plantas tolerantes ao metabolismo do herbicida, especialmente pelo processo de conjugação com glutathione nas folhas, fazendo com que ele nunca chegue ao cloroplasto para causar injúrias. Para as sulfoniluréias, o mecanismo isolado de maior importância em termos de seletividade é a conversão rápida a compostos inativos nas culturas tolerantes, ao passo que pouco ou nenhum metabolismo pode ser medido em plantas sensíveis (OLIVEIRA JUNIOR, 2011b).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. *et al.* Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.11, p.69-85, 2012.
- BELAPART, D. *et al.* Eficiência fotossintética de misturas de herbicidas no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.24, p.102-109, 2013.
- BONFIM-SILVA, E. M. *et al.* Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, p. 180-186, 2011.
- CALVIÑO, M.; MESSING, J. Sweet sorghum as a model system for bioenergy crops. **Current Opinion in Biotechnology**, Netherlands, v. 23, pag. 323-329, 2012.
- CAVALIERI, S. D. *et al.* Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, p. 203-214, 2008.
- CIUBERKIS, S. *et al.* Effect of weed emergence time and intervals of weed and crop competition on potato yield. **Weed Technology**, [S.l.], v.21, p. 612-217, 2007.
- CONCENÇO, G. **Manejo de plantas daninhas na cultura do sorgo: informações gerais**. Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), Dourados, 2015.
- EMBRAPA. **Boletim agrometeorológico ano agrícola 2003/2004**. Centro Nacional de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, 2004.
- GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, p. 83-92, 2015.
- KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. **Seletividade de Herbicidas na Cultura do Milho**. V. 35701, Sete Lagoas, p. 8, 2007.
- LESSA, B. F. T. **Avaliações agronômicas de sorgo sacarino para produção de etanol no semiárido: maturação e respostas ao silício**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza: UFC, 97 p., 2015.
- MAY, A. *et al.* **Produtividade da rebrota de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeio**. Embrapa Milho e Sorgo - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), Sete Lagoas, 2013.
- MAY, A. *et al.* Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G–Tecnologia Qualidade Embrapa. **Sistema**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 9, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Introdução ao Controle Químico. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Ompipax, p. 125 – 140, 2011a.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de. Mecanismo de Ação de Herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. DE; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Ompipax, p. 141 – 192, 2011b.

OWEN, M. D. K., ZELAYA, I. A. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. **Pesticide Management Science**, [S.l.], v. 61, p. 301-311, 2005.

PONTES, G. M. **Avaliação da produtividade de biomassa de capim elefante e sorgo sacarino no estado do Ceará para uso energético**. 2013. 103 f. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agroenergia da Escola de Economia de São Paulo: FGV, São Paulo, 2013.

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

RIBAS, P. M. Origem e importância econômica. In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 37-57, 2014.

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

SILVA, A. F. *et al.* Manejo de Plantas daninhas. In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 37-57, 2014a.

SILVA, C. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 73, p. 438-445, 2014b.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa: UFV, 3^a reimpressão, p. 367, 2012.

SRINIVASA R. P. *et al.* Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**. (Boletim Técnico, 77). Patancheru, India, p. 80, 2009.

TOMAZ, H, V. Q.; ASSIS, R. T. Sorgo sacarino – Rendimento extra na entressafra da cana-de-açúcar. In: Silva. J. C.; Silva. A. A. S.; Assis. R. T. **Sustentabilidade e inovação no campo**. Editora Composer, Uberlândia, p.73-84, 2013.

VIEIRA JÚNIOR N. S. *et al.* Associação de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do milho. **Global Science and Tecnology**, Rio Verde, v.08, p.1–8, 2015.

VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 37-57, 2014.

CAPÍTULO I

SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DE MISTURA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NO SORGO SACARINO

4 RESUMO

O uso de herbicidas no controle de plantas daninhas é uma técnica muito eficiente e utilizada em diversas culturas, no entanto são necessárias pesquisas para obtenção de dados dos efeitos dessa aplicação, determinando doses, herbicidas, época de aplicação, específicas para o sorgo sacarino, pois a cultura é sensível a vários herbicidas e a competição com plantas daninhas reduz a sua produtividade. O objetivo desse trabalho foi avaliar a produção de biomassa de três genótipos de sorgo sacarino em função da aplicação do herbicida nicosulfuron em mistura com atrazine em pós-emergência da cultura. Os genótipos de sorgo utilizados foram o BRS 506, BRS 511 e SF 15, submetidos ao manejo de plantas daninhas, com mistura dos seguintes tratamentos: atrazine + nicosulfuron ($2.500 + 50 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 40 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 30 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 20 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 10 \text{ g ha}^{-1}$) e ausência de controle. O experimento foi realizado em uma área experimental da Fazenda Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, Pentecoste – CE, conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 X 6, com quatro repetições. Foram realizadas avaliações da produção de biomassa fresca e seca de folhas, panículas, colmos e total. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste de média e regressão. As doses de 30 e 40 g ha^{-1} de nicosulfuron em mistura com atrazine resultaram em maior produção de biomassa fresca e seca de sorgo sacarino, nos genótipos BRS 506 e BRS 511. O genótipo SF 15 apresentou resposta positiva às doses de herbicida até a dose de 40 g ha^{-1} acima dessa dose houve decréscimo no rendimento da cultura. Os genótipos BRS 506 e BRS 511 mostraram maior produtividade em todas as variáveis estudadas, portanto estes são os mais recomendados para cultivo e foram os mais seletivos a mistura dos herbicidas.

Palavras – chave: *Sorgum bicolor* (L) Moench. Biomassa. Plantas daninhas.

CHAPTER I

SELECTIVITY AND EFFICIENCY OF HERBICIDE MIXTURE APPLIED IN POST-EMERGENCY IN SWEET SORGHUM

5 ABSTRACT

The use of herbicides in the control of weeds is a very efficient technique and used in several crops, however, it is necessary to search for data of the effects of this application, determining doses, herbicides, season of application, specific for sweet sorghum, since The crop is sensitive to various herbicides and competition with weeds reduces its productivity. The objective of this work was to evaluate the biomass production of three sweet sorghum genotypes as a function of the application of the herbicide nicosulfuron in mixture with atrazine in post-emergence of the crop. The sorghum genotypes used were BRS 506, BRS 511 and SF 15, submitted to weed management, with a mixture of the following treatments: atrazine + nicosulfuron (2.500 + 50 g ha⁻¹), (2.500 + 40 g ha⁻¹), (2.500 + 30 g ha⁻¹), (2.500 + 20 g ha⁻¹), (2.500 + 10 g ha⁻¹) and no control. The experiment was carried out in a experimental area of the Curu Valley Farm of the Federal University of Ceará, Pentecoste - CE, conducted in a randomized complete block design, in a 3 X 6 factorial scheme, with four replications. Evaluations of fresh and dry biomass production of leaves, panicles, stalks and total were carried out. Data were submitted to analysis of variance, mean test and regression. The doses of 30 and 40 g ha⁻¹ of nicosulfuron in mixture with atrazine resulted in higher production of fresh and dry biomass of sweet sorghum in the BRS 506 and BRS 511 genotypes. The SF 15 genotype showed a positive response to herbicide rates up to Dose of 40 g ha⁻¹ above that dose there was a decrease in the yield of the culture. The genotypes BRS 506 and BRS 511 showed higher productivity in all the studied variables, therefore these are the most recommended for cultivation and were the most selective the herbicide mixture.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L) Moench. Biomass. Weeds.

6 INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino como matéria prima para produção de etanol oferece as vantagens de ser uma planta tolerante a déficit hídrico, de ciclo curto, mecanizada, possui colmos suculentos com açúcares totalmente fermentáveis e com produção de massa verde variando de 40 a 60 t ha⁻¹. O bagaço gerado pela extração do caldo serve como fonte de energia para a indústria e geração de eletricidade, também permite a produção de etanol de segunda geração, bem como pode ser fonte de alimentação animal (LOURENÇO *et al.*, 2007). Além disso, o sorgo sacarino é uma gramínea com grande potencial para produção de biomassa, que pode ser utilizada como forragem fresca ou ensilada. Possui alto rendimento de massa fresca e grãos, e dá origem a silagem de excelente qualidade (JARDIM, *et al.*, 2016). Devido a sua rusticidade, que lhe confere certo nível de resistência hídrica e seu metabolismo fisiológico (C4) adaptado a condições de alta temperatura e luminosidade, com alta eficiência do uso da água (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011; TAIZ & ZEIGER, 2013), o sorgo sacarino é uma cultura com grande potencial para cultivo no semiárido.

Pesquisas realizadas na Região Nordeste visando o conhecimento de cultivares adaptadas e técnicas de manejo da cultura são importantes para ampliação e estabelecimento da cultura do sorgo sacarino. No que se refere ao manejo de plantas daninhas com uso de herbicidas, há muito que ser estudado, por ser o sorgo uma cultura que sofre grande perda de produtividade em decorrência de infestação de plantas daninhas, no início do desenvolvimento da cultura e ao mesmo tempo é muito sensível à aplicação de vários herbicidas.

Com o objetivo de aumentar o espectro de controle de plantas daninhas muitos agricultores frequentemente utilizam misturas de herbicidas em tanque. Isso ocorre porque essas plantas apresentam-se, quase sempre, distribuídas de maneira heterogênea no campo, em populações mistas, que incluem, na maioria das vezes, várias espécies em pequenas áreas (TREZZI, *et al.*, 2005). No entanto, a mistura em tanque pode resultar em efeitos sinérgico, aditivo ou antagônico em relação ao efeito de cada produto fitossanitário utilizado isoladamente. Assim sendo é importante determinar as concentrações de misturas de agrotóxicos que causam efeito prejudicial em espécies não alvo, assim como são necessários estudos experimentais relacionados à exposição conjunta de agrotóxicos e aprimoração de metodologias (CASTRO, 2009). De acordo com Gazziero (2015) embora as misturas de

herbicidas sejam uma realidade no campo, estando presente no cotidiano do agricultor informações de fontes seguras, sobre misturas em tanque são inexistentes no panorama atual.

A hipótese do presente trabalho é que o manejo de plantas daninhas com o herbicida nicosulfuron em mistura com atrazine resultará em um controle efetivo das plantas daninhas, especialmente das espécies gramíneas, reduzindo a competição destas com a cultura, o que possibilitará melhor aproveitamento dos recursos disponíveis no solo e maior acúmulo de massa fresca e seca. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa de três genótipos de sorgo sacarino em função da aplicação do herbicida nicosulfuron em mistura com atrazine para controle das plantas daninhas.

7 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em sistema de sequeiro em uma área experimental da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) da Universidade Federal do Ceará no município de Pentecoste – CE, geograficamente situada nas coordenadas UTM 462620 E e 9577349 S, a 48 metros de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Köppen e Geiger é BSh' - semiárido seco, de baixa latitude e altitude (ALVARES *et al.*, 2013), com duas estações climáticas bem definidas e chuvas irregulares. Os dados meteorológicos de temperatura média do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica acumulada na FEVC durante o experimento encontram-se na Tabela 1 do apêndice.

O experimento foi conduzido durante os meses de março a julho de 2016. Previamente foi realizada a coleta de solo para fins de análises físico-químicas. A amostra retirada era do tipo composta, sendo feita por meio da abertura de covas até a profundidade de 0-20 cm e de 20-40 cm, em pontos escolhidos aleatoriamente. A amostra foi encaminhada ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, *Campus* Pici. O resultado da análise está apresentado na Tabela 2 do apêndice.

Foi realizado o preparo do solo (aração e gradagem), posteriormente foi realizado o sorteio da localização dos tratamentos e demarcação da área com piquetes. No dia da sementeira se procedeu com adubação de fundação com N, P₂O₅ e K₂O nas doses de 30 – 50 – 45 Kg ha⁻¹, respectivamente, de acordo com as exigências da cultura e análise química do solo. Após vinte dias da sementeira, foi feita a adubação de cobertura com N e K₂O nas doses de 140 – 45 Kg ha⁻¹. Os fertilizantes utilizados na adubação foram ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

A sementeira do sorgo sacarino ocorreu no dia 18 de março de 2016, de forma manual com a abertura das covas a uma profundidade de 3 cm. A parcela experimental foi composta por quatro fileiras de sorgo, cada fileira com cinco metros de comprimento. O espaçamento entre linhas de plantio foi de 0,8 m e o espaçamento entre plantas de 0,16 m, obtendo-se assim uma população de 78.125 plantas ha⁻¹. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 6, com quatro repetições: o primeiro fator consistiu em três cultivares de sorgo sacarino (BRS 506, BRS 511 e SF 15) e o segundo fator, tratamento controle (sem aplicação de herbicidas) + cinco doses de nicosulfuron em misturas com atrazine, segundo a descrição:

T1 – controle, T2 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 50 g ha⁻¹), T3 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 40 g ha⁻¹), T4 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 30 g ha⁻¹), T5 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 20 g ha⁻¹) e T6 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 10 g ha⁻¹). O trabalho foi desenvolvido em uma área de 1.209,6 m², cada bloco com 288,0 m² e cada parcela experimental com uma área de 16,0 m², conforme apresentando na Figura 1 do apêndice.

A aplicação dos herbicidas foi realizada 12 dias após a semeadura (DAS) do sorgo sacarino, com aplicação realizada pela manhã. Para a aplicação dos tratamentos foram utilizados os herbicidas de nome comercial Siptran e Sanson 40 sc. As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador costal manual, com capacidade de 20 L de calda, com bomba tipo pistão e bico de pulverização do tipo leque com vazão de 19 L h⁻¹. Utilizou-se em mistura a calda redutor de pH até obtenção de pH = 6. Os tratos culturais realizados foram, desbaste aos 20 DAS e aplicação do inseticida DECIS 25ec, 33 DAS, para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Aos 110 DAS foram colhidos os genótipos BRS 506 e BRS 511 e aos 130 o genótipo SF 15. Em cada parcela foram colhidas, de forma aleatória, 12 plantas da linha útil. Das doze plantas, quatro foram separadas para pesagem da massa da matéria fresca e seca de folhas (MFF e MSF), colmos (MFC e MSC) e panículas (MFP e MSP). A massa da matéria fresca total (MFT) foi obtida pela pesagem do feixe com as doze plantas e as demais variáveis foram pesadas separadamente, em balança digital. Cada parte da planta foi armazenada, separadamente, em sacos de papel e postas para secar em estufa a 70 °C por 72 horas, posteriormente foi realizada a pesagem do material seco. A massa da matéria seca total (MST) foi determinada pelo somatório da massa de matéria seca de folhas, colmos e panículas. Os dados de biomassa foram extrapolados para t ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e quando atenderam a tais pressuposições foi feita análise de variância (ANOVA) com teste de Tukey (5%) para comparar as médias das três cultivares e estudo de regressão polinomial para analisar as doses de herbicida. As variáveis MFC, MSC e MST foram analisadas com os dados transformados, através do sistema Boxcox, o que possibilitou o ajuste dos dados para realização da ANOVA. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio dos softwares Action Stat 3.1 (ESTATCAMP, 2016) e o programa de análises estatísticas Sisvar 5.6 para ANOVA com Tukey ou regressão (FERREIRA, 2014).

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando o efeito da aplicação de doses de herbicida nicosulfuron em mistura com atrazine em genótipos de sorgo sacarino, foi observado efeito significativo da interação ($p < 0,01$) para todas as variáveis relacionadas à biomassa fresca, dessa maneira os resultados obtidos dependem dos genótipos e das doses utilizadas (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância da biomassa fresca de plantas de sorgo sacarino submetidas à doses de herbicida.

| FV | GL | Quadrados Médios | | | |
|--------------|----|------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| | | MFF | MFP | MFCt | MFT |
| Bloco | 3 | 14,37* | 0,14 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 430,40** |
| Genótipo (G) | 2 | 234,78** | 0,52** | 2,19** | 3778,91** |
| Doses (D) | 5 | 39,79** | 0,19* | 0,46** | 1096,43** |
| G x D | 10 | 14,75** | 0,22** | 0,31** | 777,75** |
| Resíduo | 51 | 4,32 | 0,05 | 0,06 | 91,92 |
| CV% | - | 24,82 | 30,87 | 6,76 | 19,45 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; MFF – Massa fresca de folhas; MFP – Massa fresca de panículas; MFCt – Massa fresca do colmo e MFT – Massa fresca total.

** Significativo pelo teste F a 1%; *Significativo pelo teste F a 5%; ns = não significativo.

Observa-se na Tabela 2 a interação doses de nicosulfuron em mistura com atrazine para a massa fresca de folhas. As doses de nicosulfuron utilizadas no controle de plantas daninhas resultaram em acréscimo em massa fresca de folhas de sorgo, isso pode ser atribuído ao maior controle de plantas daninhas, observado em campo, à medida que se elevou a dose de herbicida. A utilização de métodos que eliminem ou reduzam a competição das plantas daninhas com a cultura, principalmente na fase inicial do cultivo é fundamental para um bom desenvolvimento e produtividade e os resultados desse trabalho revelam que o controle pode ser realizado com uso do herbicida nicosulfuron associado ao herbicida atrazine. Em trabalhos testando o herbicida 2,4 D, utilizado em pós-emergência na cultura do sorgo, foi constatado que o incremento das doses de 2,4-D provocou redução linear da altura de plantas, acúmulo de fitomassa verde e acúmulo de fitomassa seca (PETTER *et al.*, 2011). Dan *et al.* (2010), observou dimorfismo no colo da planta seguido de crescimento desordenado das raízes adventícias que provoca tombamento e conseqüente redução no rendimento da cultura, resultantes da aplicação de doses crescentes do herbicida 2,4 D. Os trabalhos citados evidenciam os problemas causados por um herbicida comumente utilizado

na cultura do sorgo e a necessidade de estudos para conhecimento de herbicidas que resultem em controle eficiente das plantas daninhas e que sejam seletivos para a cultura do sorgo. É importante destacar que maior ou menor fitotoxicidade a aplicação de determinado herbicida está diretamente relacionada ao genótipo utilizado. Os genótipos de sorgo sacarino utilizados nesse ensaio mostraram resultados positivos à aplicação da mistura de herbicidas, com obtenção de alta produtividade mesmo com o manejo utilizando as menores doses de nicosulfuron em mistura com atrazine. O controle químico foi muito eficiente no manejo das plantas daninhas presentes na área, portanto é um método de manejo eficaz para utilização na cultura.

Tabela 2 – Teste de médias do desdobramento de genótipos vs dose para biomassa fresca.

| Fonte de Variação | | Massa fresca de folha (t ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------------|---------|---|---------|---------|---------|----------|---------|
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 9,43 a | 11,46 a | 6,94 ab | 11,17 a | 13,14 a | 11,10 a |
| | BRS 511 | 8,41 a | 4,78 b | 8,79 a | 13,06 a | 10,80 ab | 12,95 a |
| | SF 15 | 3,19 b | 3,72 b | 4,01 b | 4,56 b | 7,92 b | 5,33 b |
| | | Massa fresca de panículas (t ha ⁻¹) | | | | | |
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 0,82 a | 1,07 a | 0,69 a | 0,87 ab | 1,0 ab | 1,01 a |
| | BRS 511 | 0,86 a | 0,41 b | 0,79 a | 1,00 a | 0,68 b | 0,95 ab |
| | SF 15 | 0,47 a | 0,45 b | 0,47 a | 0,53 b | 1,22 a | 0,56 b |
| | | Massa fresca do colmo (t ha ⁻¹) | | | | | |
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 41,68 a | 59,15 a | 33,45 a | 48,42 a | 60,95 a | 37,71 a |
| | BRS 511 | 42,52 a | 24,05 b | 34,47 a | 59,74 a | 43,82 a | 57,40 a |
| | SF 15 | 20,49 b | 21,98 b | 24,29 a | 26,05 b | 47,94 a | 23,10 b |
| | | Massa fresca total (t ha ⁻¹) | | | | | |
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 51,29 a | 70,54 a | 37,27 b | 56,64 b | 80,38 a | 49,01 b |
| | BRS 511 | 50,86 a | 28,30 b | 53,93 a | 76,61 a | 56,06 b | 67,28 a |
| | SF 15 | 23,57 b | 26,46 b | 32,94 b | 33,19 c | 58,27 b | 34,67 b |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As doses de 30, 40 e 50 g ha⁻¹ de nicosulfuron resultaram em maior produtividade média de massa fresca de panículas (Tabela 2), que esta correlacionada ao maior controle de plantas daninhas, proporcionado pela mistura do nicosulfuron com atrazine. Moraes *et al.*, (2009) observaram que a aplicação de nicosulfuron auxilia na ocorrência de efeito alelopático

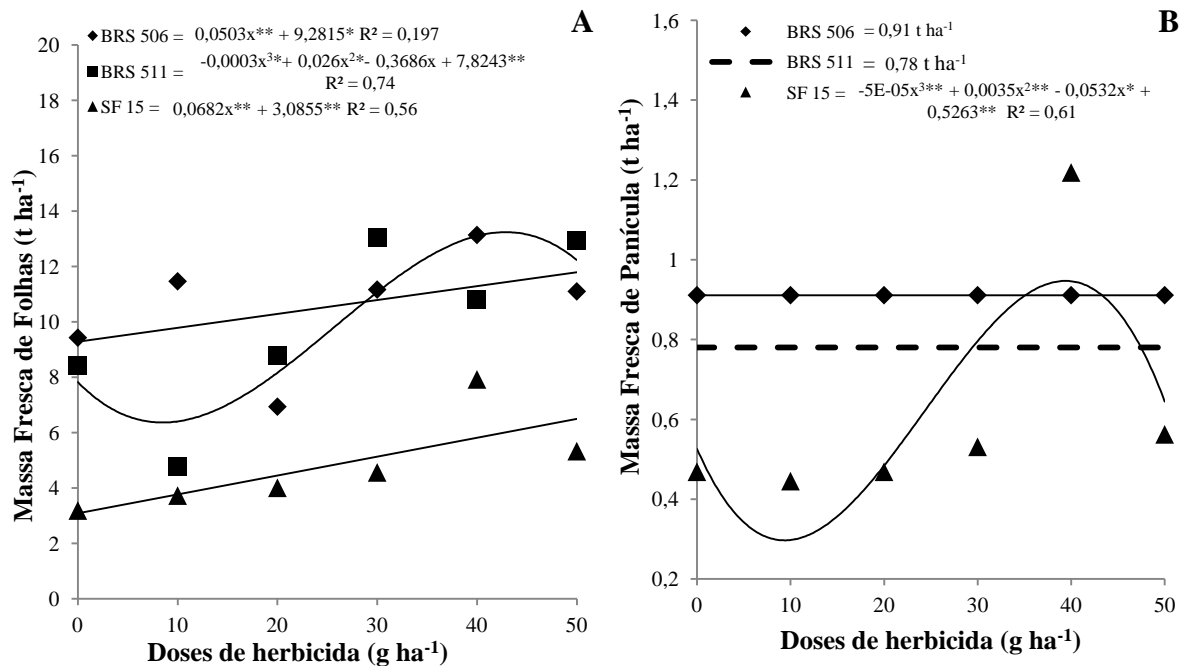
para o controle das plantas daninhas, refletindo em aumento na produtividade de grãos. Diante dos resultados é importante ressaltar que pesquisas visando obter dados de produtividade de grãos de sorgo no semiárido são necessárias, por haver demanda para o consumo desse produto, tendo em vista o crescimento dos setores da avicultura, da suinocultura e da bovinocultura, podendo também ser uma rica fonte de nutrientes para a alimentação humana, tendo em vista o crescimento dos setores da avicultura, da suinocultura e da bovinocultura, podendo também ser uma rica fonte de nutrientes para a alimentação humana. Segundo Coelho *et al.*, (2002) uma parte da demanda brasileira de grãos, estimada entre 10 e 20%, pode ser atendida com maior economicidade com a cultura do sorgo. O grão de sorgo possui alta liquidez no mercado, por possuir a mesma qualidade nutricional do milho, menor porcentagem de micotoxinas no grão e menor custo de produção. Martino *et al.*, (2012) estudou as potencialidades de uso dos grãos de sorgo na alimentação humana e salienta que os genótipos de sorgo estudados destacaram-se como boas fontes de fibra alimentar, ferro, fósforo, magnésio e zinco, além disso, são adequados para a elaboração de produtos de panificação.

Na Tabela 2, observa-se que os genótipos BRS 506, BRS 511 e SF 15 produziram 60,95; 59,74 e 47,94 t ha⁻¹ de biomassa fresca do colmo quando tratados com as doses de 30 e 40 g ha⁻¹ de nicosulfuron em mistura com atrazine, revelando que essas doses são mais apropriadas para controle das plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino, pois dos colmos é extraído o caldo para produção de etanol e assim o manejo de plantas daninhas, adotado, não deve interferir no rendimento de colmos. O controle de plantas daninhas com essas doses foi eficaz e a cultura permaneceu no limpo na fase inicial, fase crítica para um bom desenvolvimento da cultura, posteriormente com o crescimento do sorgo, o sombreamento da área dificultou o desenvolvimento das plantas daninhas o que foi fundamental para o rendimento da cultura. Cabral *et al.*, (2013) afirma que até os 21 dias após a emergência, a ocorrência de plantas daninhas não causa prejuízos ao rendimento da cultura, por não ter se instalado a competição, sendo o final desse período o prazo máximo para o manejo das plantas daninhas, pois foi verificado decréscimo na altura e diâmetro do colmo, quando a cultura do sorgo foi mantida em convivência com as plantas daninhas a partir desse período.

Os genótipos BRS 506 e SF 15 se adequaram ao modelo de regressão linear, enquanto o BRS 511 se adequou ao modelo de regressão cúbica (Figura 1A). Os genótipos BRS 506 e BRS 511 resultaram em maior produção de massa fresca de folha. Isso se deve a grande resistência à estiagem e alto potencial de produção de massa verde dos genótipos BRS,

também pelo fato de estes terem ciclo mais curto, as plantas sofreram menos com déficit hídrico, pois já estavam bem desenvolvidas quando cessou o período chuvoso. Já o genótipo SF 15, tem ciclo longo e passou toda a fase de floração e maturação fisiológica sob déficit hídrico, apesar de desenvolvido no Nordeste, mostrou menor adaptabilidade e consequente redução na produção de massa fresca quando cultivado em regime de sequeiro.

Em decorrência do déficit hídrico, eventos fisiológicos são desencadeados na planta, como a redução do potencial hídrico foliar e o fechamento estomático que provoca a redução da concentração interna de CO₂ e ocasiona decréscimo na taxa fotossintética (SHAO, 2008), bem como a redução da parte aérea, a aceleração da senescência e abscisão das folhas (FERRARI; PAZ; SILVA, 2015). A água é necessária ao crescimento das células e também é um elemento essencial para a manutenção da turgescência celular (CARNEIRO, 2011). Sob deficiência hídrica, a primeira alteração que ocorre nas plantas é a diminuição da turgescência, levando imediatamente a redução no crescimento/parte área (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013).



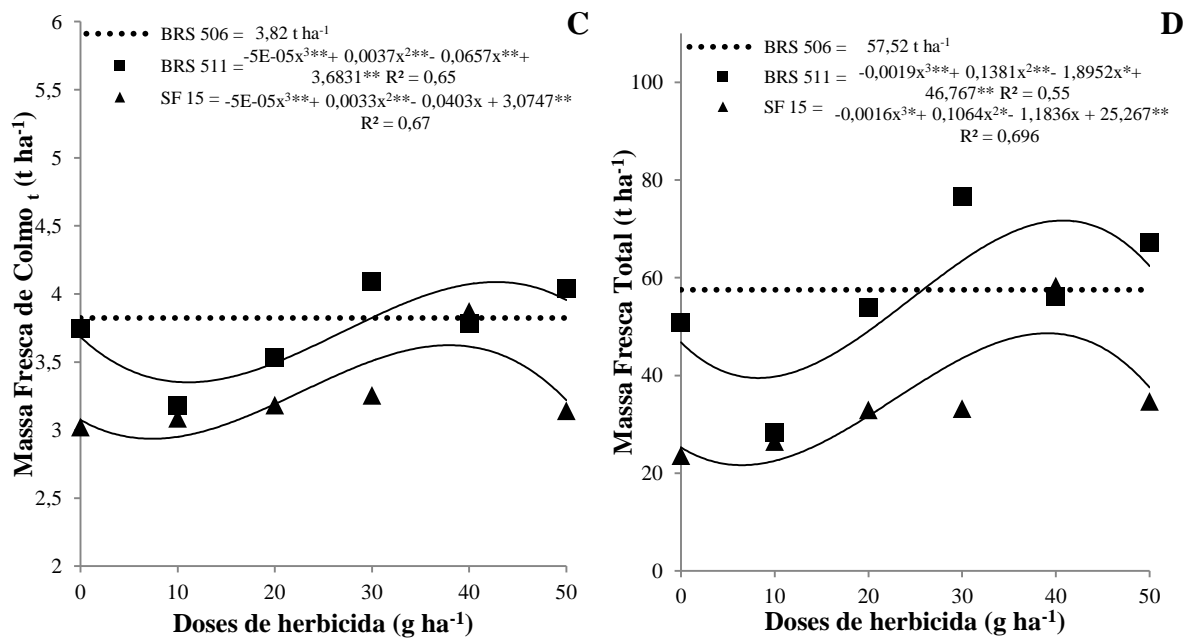


Figura 1 – Desdobramento da interação de dose vs genótipo sobre a massa fresca de folhas, panículas, colmo e total de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina.

Quanto à massa fresca de panículas apenas o genótipo SF 15 obteve acréscimo com relação a variável em estudo com ajuste ao modelo matemático de regressão cúbico ($p < 0,01$). Para os outros genótipos não houve ajuste a nenhum modelo matemático, ou seja, manteve-se constante a massa fresca de panículas com aumento das doses de nicosulfuron, com valores médios de $0,91 \text{ t ha}^{-1}$ para o genótipo BRS 506 e de $0,78 \text{ t ha}^{-1}$ para o genótipo BRS 511 (Figura 1B). Os dados apresentados se aproximam dos observados por Silva *et al.* (2016) para os genótipos BRS 506 e BRS 511. O mesmo autor obteve peso de panícula de $2,25 \text{ t ha}^{-1}$ com o genótipo SF15, valor bem superior aos observados no presente trabalho. Essa redução no peso da panícula pode ser atribuída ao fato das plantas desse genótipo terem passado toda a fase de enchimento de grãos sob estiagem, uma vez que este tem ciclo mais tardio.

De acordo com Martins *et al.* (2010), em trabalho estudando a cultura do milho, déficit hídrico e estresses ambientais são os que mais interferem no desenvolvimento das culturas agrícolas, sendo que a indisponibilidade de água para as plantas ocasiona perturbações fisiológicas e morfológicas que prejudicam o desenvolvimento e o rendimento da cultura, este é o fator que exerce maior influência no rendimento de grãos. A fase onde o estresse hídrico proporciona maior perda de produtividade de grãos é na fase reprodutiva (LIMA *et al.*, 2011). Com o estresse nessa fase, várias sementes em potencial deixam de ser

formadas, seja pelo abortamento ou pelo desenvolvimento insuficiente da panícula, e, mesmo após a fertilização do óvulo, o estresse hídrico compromete o enchimento de grãos (TARDIN *et al.*, 2013). A deficiência hídrica ocasiona também, indisponibilidade de nutrientes do solo para as plantas, pois o déficit hídrico rigoroso diminui e até inibe a absorção de nutrientes pela cultura, contribuindo para que não ocorra formação da panícula e enchimento dos grãos.

O genótipo BRS 506 não se ajustou a nenhum modelo matemático, com média de $3,82 \text{ t ha}^{-1}$ (que equivale em dados reais a $45,60 \text{ t ha}^{-1}$) de massa fresca de colmo, portanto não foi influenciado pelas doses de herbicida. Os genótipos BRS 511 e SF 15 se ajustaram ao modelo cúbico ($p < 0,01$). A dose de 30 g ha^{-1} resultou em maior massa fresca de colmo para o genótipo BRS 511, obtendo-se $59,74 \text{ t ha}^{-1}$ e a dose de 40 g ha^{-1} resultou em maior massa fresca de colmo para o genótipo SF 15 com $47,94 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 1C). Como a partir dos colmos será extraído o caldo e maior peso de colmo coincide com maior quantidade de caldo, esses genótipos mostraram resultados promissores para produção de etanol. O genótipo SF 15 com média de $27,31 \text{ t ha}^{-1}$ (58,24 % da média obtida pelo BRS 506) tem um colmo com grande diâmetro, no entanto seu colmo é muito esponjoso, resultando em baixa massa fresca do colmo e baixo rendimento de caldo, sendo assim não é o melhor genótipo a ser utilizado visando à produção de etanol. Os rendimentos de colmo obtidos neste trabalho estão dentro da amplitude de rendimento de colmo encontrada por Almodares & Hadi (2009) avaliando 36 materiais de sorgo sacarino ($27,9$ a $128,9 \text{ t ha}^{-1}$).

Dados relacionados com a produtividade de colmos são muito importantes, pois é no colmo que está contido o caldo a ser utilizado na produção de etanol. Lourenço *et al.* (2007) em um trabalho utilizando lâminas de irrigação, obteve produção de matéria verde de caules variando de $24,0$ a $63,0 \text{ t ha}^{-1}$. O presente trabalho desenvolvido sob baixo suprimento de água obteve resultados promissores com produção de massa fresca de colmos variando de $20,49$ a $60,95 \text{ t ha}^{-1}$.

Na Figura 1D verifica-se que o genótipo BRS 506 não se ajustou a nenhum modelo matemático, com média de $57,52 \text{ t ha}^{-1}$ de massa fresca total. Os genótipos BRS 511 e SF 15 se ajustaram ao modelo de regressão cúbica ($p < 0,01$). Esses resultados evidenciam que não ocorreram problemas causados por fitotoxicidade a cultura com as doses aqui estudadas. É importante relatar que com as maiores doses do herbicida foi observado amarelecimento de folhas nos primeiros dias após a aplicação, no entanto, as plantas se recuperaram desse estresse inicial e obtiveram produção dentro da média para cultivos em condição de sequeiro. Os valores de massa fresca total, apresentados, provavelmente estão abaixo do que pode ser

produzido pela cultura em anos de precipitação normal, uma vez que o ano agrícola em que foi instalado o experimento foi um ano de seca. O estudo dessa variável é muito importante, pois a massa verde total é um dos principais componentes de rendimento do sorgo sacarino e está diretamente correlacionado ao volume de caldo produzido (PEREIRA FILHO *et al.*, 2013). Os dados corroboram com os observados por Silva *et al.* (2016) que estudando o desempenho de genótipos de sorgo sacarino na região canavieira de Alagoas encontraram valores de 50,23; 38,05 e 29,13 t ha⁻¹ de biomassa verde total, para os genótipos BRS 506, BRS 511 e SF 15, respectivamente. Galon *et al.* (2016), em estudo recente com essa cultura, observaram que todos os herbicidas usados provocou redução na massa fresca total dos genótipos BRS 506 e BRS 509, exceto o tratamento com atrazina (1.500 g ha⁻¹) que resultou em produção de biomassa semelhante ao tratamento controle para o genótipo BRS 511.

As variáveis relacionadas a biomassa seca de plantas de sorgo sacarino mostraram-se bastante responsivas aos fatores estudados, sendo observado efeito significativo da interação genótipo vs doses ($p < 0,01$) para todas as variáveis analisadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância da biomassa seca de plantas de sorgo sacarino submetidas à doses de herbicida.

| FV | GL | Quadrados Médios | | | |
|--------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | MSF | MSP | MSCt | MSTt |
| Bloco | 3 | 0,74 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 0,08 ^{ns} | 0,05 ^{ns} |
| Genótipo (G) | 2 | 13,65** | 0,14** | 1,98** | 1,75** |
| Doses (D) | 5 | 6,21** | 0,11** | 0,57** | 0,53** |
| G x D | 10 | 3,44** | 0,07** | 0,57** | 0,46** |
| Resíduo | 51 | 0,31 | 0,02 | 0,09 | 0,06 |
| CV% | - | 14,80 | 29,46 | 11,81 | 8,44 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; MSF – Massa seca de folhas; MSP – Massa seca de panículas; MSCt – Massa seca de colmo e MSTt – Massa seca total.

** Significativo pelo teste F a 1%; *Significativo pelo teste F a 5%; ns = não significativo.

Na Tabela 4 são apresentados os desdobramentos da interação significativa genótipos com doses de nicosulfuron para biomassa seca de sorgo sacarino. As doses de 30 e 40 g ha⁻¹ resultaram em maior massa seca de folhas para os genótipos estudados, sendo, portanto, doses viáveis para utilização no manejo de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino, devido a sua eficiência no controle de grande parte das espécies daninhas, propiciando condição para um bom desenvolvimento inicial da cultura. Os genótipos BRS 506 e BRS 511 tiveram maior massa seca de folhas, isso se deve, em parte, ao crescimento mais rápido desses genótipos que propiciou uma condição desfavorável ao crescimento das

plantas daninhas, reduzindo a competição. Além disso, genótipos de desenvolvimento mais rápido promovem fechamento das entrelinhas de plantio de maneira que diminui a incidência de luz no solo, proporcionando um ambiente desfavorável ao crescimento e desenvolvimento de espécies daninhas (RODRIGUES, 2010). Para Galon *et al.* (2016) a arquitetura e a área foliar podem influenciar o sombreamento, ajudando assim no controle da comunidade de ervas daninhas na área de cultivo, além disso, cultivares apresentam comportamento diferente aos tratamentos com herbicidas, o que pode ser atribuído à capacidade intrínseca de cada cultivar de crescer sob competição com ervas daninhas e/ou devido à susceptibilidade diferencial a herbicidas.

Tabela 4 – Teste de médias do desdobramento de genótipos vs dose para biomassa seca.

| Fonte de Variação | | Massa seca de folha (t ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------------|---------|---|---------|----------|---------|---------|---------|
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 3,39 a | 5,09 a | 3,03 ab | 4,33 b | 5,38 a | 3,79 b |
| | BRS 511 | 4,02 a | 2,50 b | 3,75 a | 5,94 a | 4,16 b | 5,15 a |
| | SF 15 | 1,95 b | 2,29 b | 2,39 b | 2,91 c | 4,74 ab | 3,16 b |
| | | Massa seca de panículas (t ha ⁻¹) | | | | | |
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 0,43 a | 0,64 a | 0,44 a | 0,54 a | 0,75 a | 0,53 a |
| | BRS 511 | 0,43 a | 0,25 b | 0,42 a | 0,50 a | 0,80 a | 0,55 a |
| | SF 15 | 0,33 a | 0,33 b | 0,33 a | 0,44 a | 0,38 b | 0,35 a |
| | | Massa seca do colmo (t ha ⁻¹) | | | | | |
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 16,28 a | 20,49 a | 14,88 a | 14,73 b | 19,30 a | 13,20 b |
| | BRS 511 | 14,73 a | 6,75 b | 11,25 ab | 25,03 a | 16,78 a | 26,84 a |
| | SF 15 | 7,61 b | 7,61 b | 8,85 b | 10,80 b | 18,92 a | 7,46 c |
| | | Massa seca total (t ha ⁻¹) | | | | | |
| | | Doses de herbicida (g ha ⁻¹) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 20,09 a | 26,31 a | 18,36 a | 19,49 b | 25,53 a | 17,64 b |
| | BRS 511 | 19,30 a | 9,50 b | 15,80 ab | 31,50 a | 21,54 a | 32,79 a |
| | SF 15 | 9,87 b | 10,28 b | 11,47 b | 14,15 b | 24,78 a | 11,02 c |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à massa seca de panículas são observadas diferenças significativas entre os genótipos apenas nas doses de 10 e 40 g ha⁻¹. Os genótipos BRS 506 e BRS 511 produziram 0,75 e 0,80 t ha⁻¹ (valores 57,3 e 53,7 % superiores aos obtidos no tratamento sem aplicação de herbicidas). Sendo assim, as doses de herbicida podem contribuir para o

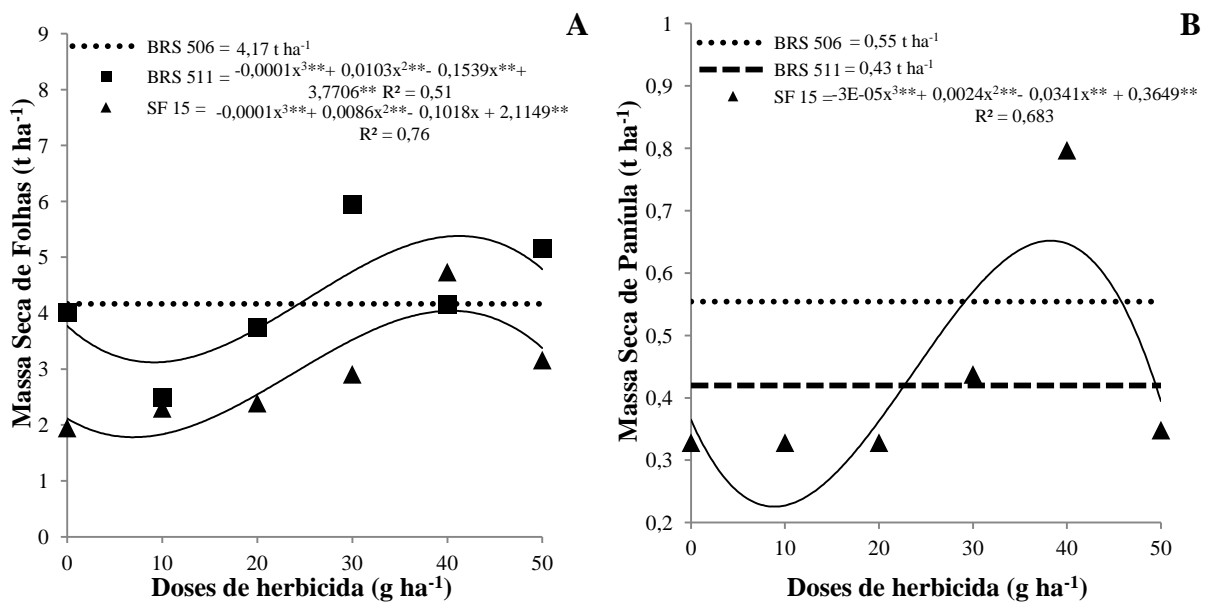
incremento em massa seca de panículas, devido ao maior controle de plantas daninhas. Cabral *et al.*, (2013) observaram que a interferência das plantas daninhas promoveu redução de 20,5% na massa de mil grão comparando parcelas infestadas com parcelas limpas. Os valores obtidos em massa seca de panículas foram baixos, no entanto quando se utiliza sorgo com a finalidade de produção de etanol o rendimento de panículas baixo pode ser considerado bom, pois significa que a planta não alocou fotoassimilado para produção de etanol, garantindo maior rendimento de açúcares no colmo.

Na Tabela 4, dados de massa seca do colmo, observa-se que as doses de 10 e 40 g ha⁻¹ promoveram maior produção para o genótipo BRS 506. As doses de 30 e 50 g ha⁻¹ resultaram em maior produção para o genótipo BRS 511. Já para o SF 15 a dose de 40 g ha⁻¹ foi a que propiciou maior biomassa de colmos. Silva *et al.*, (2014) afirmaram que a interferência imposta pela comunidade infestante durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura ocasiona redução na produtividade de colmos de até 50% e enfatiza que a importância do controle das plantas daninhas é fundamental para alcançar bom rendimento com a cultura do sorgo sacarino. Em trabalho realizado por Galon *et al.* (2016) testando herbicidas em mistura com atrazine no controle de plantas daninhas, observaram que as misturas afetaram negativamente as plantas dos genótipos BRS 506 e BRS 511, ocorrendo morte das plantas em alguns casos. A utilização de mistura de herbicidas pode ser um método de controle econômico e muito eficiente para produtores de sorgo, no entanto o conhecimento de quais as misturas que podem ser utilizadas para essa cultura é fundamental no sentido de evitar prejuízos devido ao uso de herbicidas ou doses incorretas que causam redução no rendimento do sorgo.

A literatura estabelece uma precipitação anual entre 375 e 625 mm como ideal para o sorgo sacarino (RIBAS, 2014), no entanto a precipitação durante o período do experimento foi de apenas 284,8 mm, que resultou em decréscimo em todas as variáveis relacionadas a produtividade da cultura. Uma redução na matéria seca total pode ser devida à diminuição considerável do crescimento das plantas, da fotossíntese e da estrutura aérea quando submetidas a estresse hídrico (SHAO, 2008). Contudo, mesmo diante das adversidades climáticas durante a condução do experimento, foi verificado que todas as doses de herbicida resultaram em bom rendimento de massa seca total para o genótipo BRS 506, revelando que mesmo com doses bastante reduzidas de herbicida é possível obter alto rendimento com esse genótipo. Para o BRS 511 doses acima de 30 g ha⁻¹ resultaram em maior massa seca. No genótipo SF 15 foi observado acréscimo em massa seca total até a dose de 40

g ha⁻¹ de nicosulfuron em mistura com atrazine (Tabela 4).

As doses de nicosulfuron em mistura com atrazina promoveram resultados positivos, elevando a produção de massa seca de folhas, no genótipo BRS 511 e SF 15, com obtenção de maior produtividade com as doses de 30 e 40 t ha⁻¹. As doses utilizadas não resultaram em interferência significativa na produção de massa seca de folhas para o genótipo BRS 506, que obteve produção média de 4,17 t ha⁻¹. Assim como para os dados da biomassa fresca, a produção obtida de biomassa seca do sorgo sacarino foi maior para os genótipos BRS 506 e BRS 511 (Figura 2A). Perazzo (2012) avaliando cultivares de sorgo no semiárido constatou que a produção de matéria seca está positivamente correlacionada com produção de matéria verde, número de planta por hectare e altura de planta. Em campo foi observado que as plantas do genótipo SF 15 possuía porte mais alto que os demais genótipos, no entanto, não obteve maior matéria seca. De acordo com Monteiro *et al.* (2004) a altura de planta é um caráter significativo para a produção de biomassa em sorgo, mas nem sempre a maior altura implica maior produção de matéria seca, esta variável deve estar correlacionada ao diâmetro do colmo. O genótipo SF 15 tem colmo com grande diâmetro, no entanto, bastante esponjoso e leve, o que justifica as médias inferiores às obtidas pelos demais genótipos.



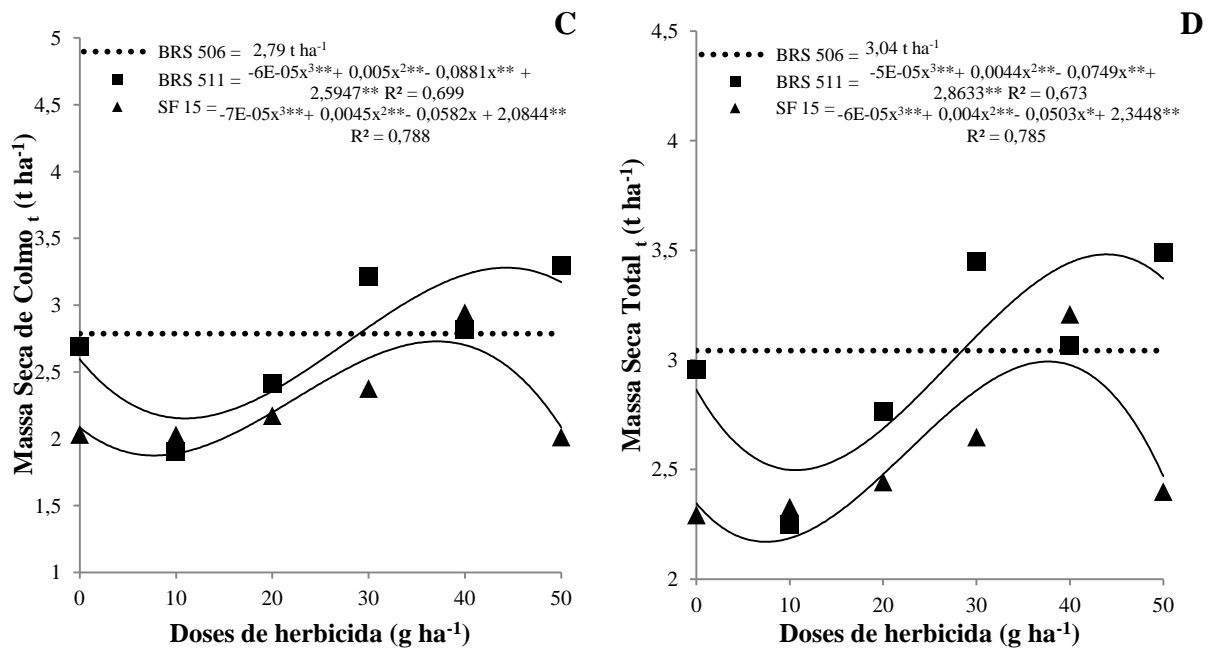


Figura 2 – Desdobramento da interação de dose vs genótipo sobre a massa seca de folhas, panículas, colmo e total de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina.

Os genótipos BRS 506 e BRS 511 não se ajustaram a nenhum modelo matemático, obtendo médias de 0,55 e 0,43 t ha⁻¹ de massa seca de panículas. Houve ajuste matemático ao modelo de regressão cúbico para o genótipo SF 15, com ponto de máximo na dose de 40 g ha⁻¹, como pode ser observado na Figura 2B. Esses valores relativamente baixos se devem ao déficit hídrico durante a fase de enchimento de grãos e também a predação por pássaros as panículas durante a maturação dos grãos. Lessa (2015) em trabalho também realizado em Pentecoste – CE, obteve resultado superior ao obtido no presente trabalho, com produtividade de 1,88 e 1,86 t ha⁻¹ para os genótipos BRS 506 e BRS 511.

Na Figura 2C está apresentado o desdobramento da interação de dose vs genótipo sobre a massa seca do colmo. Os resultados revelam interação positiva das doses de nicosulfuron com o genótipo BRS 511, quando utilizando doses acima de 10 g ha⁻¹ e com o genótipo SF com as doses 10 a 40 g ha⁻¹, acima dessa dose ocorreu decréscimo na produção. Lourenço *et al.* (2007) trabalhando com sorgo sacarino com diferentes níveis de irrigação, verificaram média de 34,0 t ha⁻¹ de matéria seca em caules, no seu tratamento de maior densidade hídrica. Os valores máximos de massa seca de colmo obtidos no presente trabalho foram 20,49 t ha⁻¹ pelo genótipo BRS 506; 26,84 pelo BRS 511 e 18,92 pelo SF 15, esses resultados revelam o grande potencial do sorgo sacarino para produção de etanol no semiárido cearense, uma vez que foi obtida alta produção de colmos mesmo em um ano com ocorrência

de pouca precipitação. Lourenço; Januário & Massa (2013) obtiveram produção de matéria seca de caules variando de 11,4 a 22,0 t ha⁻¹ utilizando oito variedades de sorgo sacarino. Várias pesquisas revelam grande variação da produção, entre genótipos e até mesmo variação de um mesmo genótipo em diferentes locais de plantio, assim pesquisas que visem à obtenção de genótipos adaptados as condições climáticas do semiárido cearense são importantes para futuras indicações ao produtor.

Doses de nicosulfuron em mistura a atrazina promoveram acréscimo na massa seca total, a partir da dose de 10 g ha⁻¹, nos genótipos BRS 511 e SF 15, que obtiveram valores máximos em acúmulo de massa de 32,79 t ha⁻¹ com a dose de 50 g ha⁻¹ de nicosulfuron e 24,78 t ha⁻¹ com a dose de 40 g ha⁻¹. O genótipo BRS 506 obteve média de 19,79 t ha⁻¹ e não se ajustou aos modelos matemáticos (Figura 2D). Os resultados corroboram com os obtidos por Lessa (2015) que estudando os genótipos BRS 506 e BRS 511 em dois ciclos de cultivo obteve produtividade de matéria seca total de 19,97 e 19,87 t ha⁻¹ (2014) e de 21,33 e 23,68 t ha⁻¹ (2015). Esses resultados evidenciam a viabilidade de produção no semiárido cearense em regime de sequeiro. De acordo com Sousa (2010), devido a grande variação climática entre os anos agrícolas nas regiões semiáridas, o uso de materiais mais adaptados às condições adversas torna-se fundamental na diminuição dos riscos advindos do clima.

9 CONCLUSÃO

As doses de 30 e 40 g ha⁻¹ de nicosulfuron em mistura com atrazine resultaram em maior produção de biomassa fresca e seca de sorgo sacarino, nos genótipos BRS 506 e BRS 511.

Até a dose de 40 g ha⁻¹ o genótipo SF 15 apresentou resposta positiva a mistura dos herbicidas, acima dessa dose houve decréscimo no rendimento da biomassa do sorgo sacarino.

Os genótipos BRS 506 e BRS 511 mostraram maior produtividade em todas as variáveis estudadas e são os mais recomendados para cultivo nas condições em que foi realizado o ensaio.

REFERÊNCIAS

- ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 4, p. 772-780, 2009.
- ALVARES, C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Estugarda, v. 22, p. 711–728, 2013.
- BONFIM-SILVA, E. M. *et al.* Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, p. 180-186, 2011.
- CABRAL, P. H. R. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 43, p. 308-314, 2013.
- CARNEIRO, M. M. L. C. **Trocas Gasosas e Metabolismo Antioxidativo em Plantas de Girassol em Resposta ao Déficit Hídrico**. 43 p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia vegetal da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.
- CASTRO, V. L. S. S. Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, [S.l.], v. 4, n. 1-3, p. 87-94, 2009.
- COELHO, A. M. *et al.* **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, (Arquivo do Agrônomo – nº 14), Sete Lagoas, p. 24, 2002.
- DAN, H. A. *et al.* Tolerância do sorgo granífero ao 2,4-D aplicado em pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 785-792, 2010.
- ESTATCAMP. **Software Action**. Disponível em: <http://www.portaction.com.br/content/download-action>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v.03, p.67-77, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014.
- GALON, L. *et al.* Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 46, n. 2, p. 123-131, 2016.
- GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.
- JARDIM, C. A. *et al.* Produção de massa fresca de sorgo sacarino BRS 511 para alimentação animal. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal, v. 8, 2016.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 531p., 2006.
- LESSA, B. F. T. **Avaliações agronômicas de sorgo sacarino para produção de**

etanol no semiárido: maturação e respostas ao silício. 97 p. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza: UFC, 2015.

LIMA, N. R. C. B. *et al.* Critical periods of sorghum and palisadegrass in intercropped cultivation for climatic risk zoning. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1452-1457, 2011.

LOURENÇO, M. E. V.; JANUÁRIO, M. I. N.; MASSA, V. M. L. Avaliação do potencial de variedades de sorgo sacarino e forrageiro para a produção de bioetanol. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 96-103, 2013.

LOURENÇO, M. E. V. *et al.* Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 30, n. 1, p. 103-110, 2007.

MARTINO H. S. D. *et al.* Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71 p. 337-344, 2012.

MARTINS, J. D. *et al.* Potencial hídrico foliar em milho submetido ao déficit hídrico. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 324-334, 2010.

MONTEIRO, M. C. D.; FILHO, C. J. A.; TABOSA, J. N. Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p.52-61, 2004.

MORAES, P. V. D. *et al.* Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, p. 289-296, 2009.

PERAZZO, A. F. **Avaliação agrônômica de cultivares de sorgo no semiárido.** 73 p. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2012.

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 para a produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p. 118-127, 2013.

PETTER, F. A. *et al.* Desempenho agrônômico do sorgo em função de doses e épocas de aplicação do herbicida 2,4-D. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, p. 1091-1098, 2011.

RIBAS, P. M. Origem e importância econômica. In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 37-57, 2014.

RODRIGUES, A. C. P. *et al.* Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 23-31, 2010.

SHAO, H. B. *et al.* Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants.

Comptes Rendus - Biologies, [S.l.], 2008.

SILVA, H. E. *et al.* Desempenho de genótipos de sorgo sacarino cultivos na região canavieira de alagoas. **X Workshop Agroenergia Matérias-Primas**. Centro de Convenções da Cana – IAC, Ribeirão Preto, 2016.

SILVA, C. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Bragantia**, Campinas, v. 73, p. 1-8, 2014.

SOUSA, R. R. J. *et al.* Características agronômicas de genótipos de sorgo forrageiro no semiárido de Minas Gerais. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Goiânia, CD-Rom, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 954p, 2013.

TARDIN, F. D. *et al.* Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.2, p. 102-117, 2013.

TREZZI, M. M. *et al.* Eficácia de controle de plantas daninhas e toxicidade ao milho da mistura de foramsulfuron e iodosulfuron isoladamente ou em associação com atrazine e/ou clorpirifós. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 653-659, 2005.

CAPÍTULO II

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

11 RESUMO

A crescente demanda por etanol aliada as características de alta produção de açúcar no colmo, ciclo curto e resistência a condições adversas, como baixo regime hídrico e altas temperaturas, fazem do sorgo sacarino uma cultura de destaque para produção de etanol de primeira geração. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características do caldo de três genótipos de sorgo sacarino para produção de etanol, em função da aplicação da mistura de herbicidas em tanque com diferentes doses. Os genótipos de sorgo utilizados foram o BRS 506, BRS 511 e SF 15, submetidos ao manejo de plantas daninhas, com mistura dos seguintes tratamentos: atrazine + nicosulfuron ($2.500 + 50 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 40 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 30 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 20 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 10 \text{ g ha}^{-1}$) e ausência de controle. O experimento foi realizado em uma área experimental da Fazenda Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, Pentecoste – CE, em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×6 , com quatro repetições. Foram avaliados o rendimento, peso e a densidade do caldo, sólidos solúveis totais, conteúdo de carboidratos solúveis totais e a produção estimada de etanol. Os resultados revelam que a mistura de nicosulfuron e atrazine nas doses de 30 e 40 g ha^{-1} foram seletivas a cultura e resultaram em um eficiente controle das espécies infestantes na área, mostrando o uso promissor dessa mistura em áreas com a cultura do sorgo sacarino e os resultados obtidos com os genótipos BRS 506 e BRS 511, ressaltam o grande potencial dessa cultura para cultivo na região. O genótipo recomendado para produção de etanol é o BRS 511 e as doses de nicosulfuron em mistura com atrazine a serem utilizadas na cultura do sorgo sacarino são as doses de 30 e 40 g ha^{-1} .

Palavras – chave: *Sorghum bicolor* (L) Moench. Bioetanol. Mistura de herbicidas.

CHAPTER II

MANAGEMENT OF WEEDS IN SWEET SORGHUM FOR ETHANOL PRODUCTION

12 ABSTRACT

The growing demand for ethanol, coupled with high yields of sugar in the stem, short cycle and resistance to adverse conditions, such as low water regime and high temperatures, make sweet sorghum an outstanding crop for the production of first generation ethanol. Thus, the objective of this work was to evaluate the broth characteristics of three sweet sorghum genotypes for ethanol production, as a function of the application of the herbicide mixture in the tank with different doses. The sorghum genotypes used were BRS 506, BRS 511 and SF 15, submitted to weed management, with a mixture of the following treatments: atrazine + nicosulfuron ($2.500 + 50 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 40 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 30 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 20 \text{ g ha}^{-1}$), ($2.500 + 10 \text{ g ha}^{-1}$) and no control. The experiment was carried out in an experimental area of the Vale do Curu Farm of the Federal University of Ceará, Pentecoste - CE, in randomized blocks, in a 3×6 factorial scheme, with four replications. The broth yield, weight and density, total soluble solids, total soluble carbohydrate content and estimated ethanol production were evaluated. The results show that the mixture of nicosulfuron and atrazine at 30 and 40 g ha^{-1} was selective to the crop and resulted in an efficient control of the weed species in the area, showing the promising use of this mixture in areas with sweet sorghum. And the results obtained with the genotypes BRS 506 and BRS 511, highlight the great potential of this culture for cultivation in the region. The recommended genotype for ethanol production is BRS 511 and the doses of nicosulfuron in mixture with atrazine to be used in the sweet sorghum crop are the doses of 30 and 40 g ha^{-1} .

Keywords: *Sorghum bicolor* (L) Moench. Bioethanol. Herbicide mixture.

13 INTRODUÇÃO

O caldo do sorgo sacarino pode ser utilizado na produção de etanol de primeira geração, através de processo fermentativo, enquanto suas fibras, principais componentes do bagaço, podem ser usadas como forragem para alimentação animal, cogeração de eletricidade ou matéria-prima para produção de etanol de segunda geração através de hidrólise enzimática (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012).

Para obtenção de alta produtividade na cultura do sorgo sacarino como nas demais culturas, o manejo de plantas daninhas é uma prática essencial. Quando não controladas adequadamente, as plantas daninhas competem por água, luz e nutrientes, além disso, podem liberar substâncias alelopáticas, interferem na colheita e poder ser porta de entrada de pragas e doenças (SILVA & SILVA, 2012). Dada à importância do manejo de plantas daninhas, a escassez e alto custo de mão de obra e o potencial econômico da cultura, pesquisas visando conhecer herbicidas e doses para controle das plantas daninhas no sorgo, são de grande relevância.

Herbicidas do grupo químico das triazinas são recomendados para uso na cultura do sorgo, controlando monocotiledôneas e dicotiledôneas mais frequentes em áreas com cultivo dessa cultura. O uso deste em mistura com outros herbicidas, com mecanismo de ação diferente, pode resultar em um controle mais eficiente das plantas daninhas. O herbicida atrazine é o mais conhecido dentro da classe das triazinas. Seu uso para fins agrícolas é autorizado no Brasil, podendo ser aplicado em pré e pós-emergência em plantas daninhas nas culturas da cana-de-açúcar, milho e sorgo (BRASIL, 2010). Seu mecanismo de ação se dá pela inibição do fotossistema II, causando uma série de danos irreversíveis às células vegetais. É um herbicida não sistêmico que apresenta mecanismo de seletividade para certas culturas, devido à degradação diferencial, em que nas raízes ou em outras partes ocorre a metabolização e transformação rápida em produtos não tóxicos para as plantas (MENEZES *et al.*, 2012).

O nicosulfuron pertence ao grupo químico das sulfonilureias, é um herbicida de ação sistêmica, inibidor da acetolactato sintase (ALS), aplicado em pós emergência e recomendado para controle de diversas plantas daninhas na cultura do milho (OLIVEIRA JUNIOR, 2011). A seletividade desse herbicida ocorre em função da taxa de metabolização,

velocidade de absorção, estágio de desenvolvimento da cultura e dose aplicada (CAVALIERI, *et al.*, 2012).

A mistura de nicosulfuron e atrazine, muito comum em áreas cultivadas com milho ampliando o espectro de ação no controle das plantas daninhas, tem potencial para uso no manejo de plantas daninhas em áreas com a cultura do sorgo, para tanto são necessários estudos visando estabelecer a dose seletiva para a cultura, para evitar fitotoxicidade devido ao uso de doses elevadas desse herbicida. É importante também identificar genótipos que sejam tolerantes a mistura, pois podem ter comportamento diferenciado quando submetidos aos herbicidas isolados e em mistura.

Sabendo-se que, grandes infestações em áreas de cultivo reduzem o potencial produtivo da cultura, devido a capacidade competitiva das plantas daninhas e que mistura de herbicidas pode ser mais eficiente no controle destas, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de etanol de três genótipos de sorgo sacarino em função da aplicação da mistura dos herbicidas atrazine e nicosulfuron em diferentes doses.

14 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em sistema de sequeiro em uma área experimental da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) da Universidade Federal do Ceará no município de Pentecoste – CE, geograficamente situada nas coordenadas UTM 462620 E e 9577349 S, a 48 metros de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Köppen e Geiger é BSh' - semiárido seco, de baixa latitude e altitude (ALVARES *et al.*, 2013), com duas estações climáticas bem definidas e chuvas irregulares. Os dados meteorológicos de temperatura média do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica acumulada na FEVC durante o experimento encontram-se na Tabela 1 do apêndice.

O experimento foi conduzido durante os meses de março a julho de 2016. Previamente foi realizada a coleta de solo para fins de análises físico-químicas e a amostra foi encaminhada ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, *Campus Pici*. O resultado da análise está apresentado na Tabela 2 do apêndice.

Foi realizado o preparo do solo (aração e gradagem), posteriormente foi realizado o sorteio da localização dos tratamentos e demarcação da área com piquetes. No dia da sementeira se procedeu com adubação de fundação com N, P₂O₅ e K₂O nas doses de 30 – 50 – 45 Kg ha⁻¹, respectivamente, de acordo com as exigências da cultura e análise química do solo. Após vinte dias da sementeira, foi feita a adubação de cobertura com N e K₂O nas doses de 140 – 45 Kg ha⁻¹. Os fertilizantes utilizados na adubação foram ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

A sementeira do sorgo sacarino ocorreu no dia 18 de março de 2016, de forma manual com a abertura das covas a uma profundidade de 3 cm. A parcela experimental foi composta por quatro fileiras de sorgo, cada fileira com cinco metros de comprimento. O espaçamento entre linhas de plantio foi de 0,8 m e o espaçamento entre plantas de 0,16 m, obtendo-se assim uma população de 78.125 plantas ha⁻¹. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 6, com quatro repetições: o primeiro fator consistiu em três cultivares de sorgo sacarino (BRS 506, BRS 511 e SF 15) e o segundo fator, tratamento controle (sem aplicação

dos herbicidas) + cinco doses de nicosulfuron em misturas com atrazine [T1 – controle, T2 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 50 g ha⁻¹), T3 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 40 g ha⁻¹), T4 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 30 g ha⁻¹), T5 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 20 g ha⁻¹) e T6 - atrazine + nicosulfuron (2.500 + 10 g ha⁻¹)]. O trabalho foi desenvolvido em uma área de 1.209,6 m², cada bloco com 288,0 m² e cada parcela experimental com uma área de 16,0 m², conforme apresentando na Tabela 3 do apêndice.

A aplicação dos herbicidas foi realizada 12 dias após a semeadura (DAS) do sorgo sacarino, com aplicação realizada pela manhã. Para a aplicação dos tratamentos foram utilizados os herbicidas de nome comercial Siptran e Sanson 40 sc. As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador costal manual, com capacidade de 20 L de calda, com bomba tipo pistão e bico de pulverização do tipo leque com vazão de 19 L h⁻¹. Utilizou-se em mistura a calda redutor de pH até obtenção de pH = 6. Os tratos culturais realizados foram, desbaste aos 20 DAS e aplicação do inseticida DECIS[®] 25ec (Bayer), 33 DAS, para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Aos 110 DAS foram colhidos os genótipos BRS 506 e BRS 511 e aos 130 o genótipo SF 15. Foram realizadas as amostragens em cada parcela experimental coletando, aleatoriamente, oito plantas das linhas úteis. As folhas e panículas foram retiradas do colmo para composição das amostras de colmos limpos e extração do caldo em moenda elétrica simples (1 cv). As plantas de cada parcela foram prensadas separadamente e as amostras do caldo foram colocadas em frascos plásticos (100 mL). As amostras foram armazenadas em um freezer com temperatura de -20 °C durante o período das análises. Posteriormente, essas amostras foram levadas ao laboratório do Parque de Desenvolvimento Tecnológico (PADETEC) para filtragem do caldo e em seguida para o Laboratório Multiusuário de Biologia Molecular Aplicada à Agricultura (BIOAGRI) para determinação dos carboidratos solúveis totais (CST). Dessa maneira foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Rendimento do caldo (RC) - com o auxílio de uma proveta, foi determinado o rendimento em volume do caldo, com extrapolação para m³ ha⁻¹.

- Peso do caldo (PC) - para determinação do peso do caldo foi realizada pesagem do caldo em balança digital, com extrapolação para t ha⁻¹.

- Densidade do caldo (DC) - determinada através da relação PC/RC, com extrapolação para m³ ha⁻¹.

- SST (°brix) – a mensuração do conteúdo de sólidos solúveis totais foi realizada utilizando refratômetro portátil graduado (0 – 32 °brix), cuja análise foi realizada logo após a extração do caldo.

- CST - O extrato de trabalho foi preparado através da filtragem do caldo em chumaço de algodão e diluição em água destilada (100 vezes); em seguida, foi submetido ao método colorimétrico do fenol + ácido sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956) com modificações, e posterior leitura da absorbância em espectrofotômetro (490 nm) e comparação por curva padrão de glicose anidra (98%).

- Etanol - A produção estimada de etanol ($L\ ha^{-1}$) foi determinada através da equação postulada por Lipinski (1978 *apud* Sakellariou-Makrantonak *et al.*, 2007), em que o etanol ($L\ ha^{-1}$) = carboidratos totais (%) x 6,5 (fator de conversão) x 0,85 (eficiência do processo fermentativo) x biomassa fresca do colmo ($t\ ha^{-1}$).

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e quando atenderam a tais pressuposições foi feita análise de variância (ANOVA) com teste de Tukey (5%) para comparar as médias das três cultivares; e, estudo de regressão polinomial para analisar as doses de herbicida. Quando os dados não atenderam, a pelo menos uma das pressuposições, estes foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com comparações múltiplas por pares quando $p\text{-valor} \leq 0,05$ e nível de significância a 5% (SST). A variável densidade do caldo foi submetida a transformação de dados através do sistema Boxcox, o que possibilitou o ajuste dos dados para realização da ANOVA. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio dos softwares Action Stat 3.1 (ESTATCAMP, 2016) e o programa de análises estatísticas Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

15 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, houve interação significativa entre os fatores para as variáveis, rendimento do caldo, peso do caldo e etanol. Não foi observado efeito significativo da interação ou dos fatores isolados para a densidade do caldo. Quanto ao conteúdo de carboidratos solúveis totais foi significativo apenas o fator isolado genótipo (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características do caldo de plantas de sorgo sacarino submetidas à doses de herbicida.

| FV | GL | Quadrados Médios | | | | |
|--------------|----|------------------|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | RC | PC | DCt | CST | Etanol |
| Bloco | 3 | 79,59* | 96,50* | 0,002 ^{ns} | 2773,07 ^{ns} | 1334240,4 ^{ns} |
| Genótipo (G) | 2 | 1064,91** | 1354,78** | 0,003 ^{ns} | 15019,59** | 35549193,9** |
| Doses (D) | 5 | 108,50** | 144,97** | 0,002 ^{ns} | 3161,26 ^{ns} | 3050586,6* |
| G x D | 10 | 124,91** | 149,48** | 0,001 ^{ns} | 432,78 ^{ns} | 2341268,3* |
| Resíduo | 51 | 20,42 | 25,54 | 0,001 | 1127,65 | 1089383,7 |
| CV% | - | 30,16 | 30,14 | 38,13 | 25,48 | 34,90 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; RC – Rendimento do caldo; PC – Peso do caldo; DCt – Densidade do caldo; CST - Carboidratos solúveis totais e Etanol.

** Significativo pelo teste F a 1%; *Significativo pelo teste F a 5%; ns = não significativo.

Rendimento de caldo variando de 3,45 a 29,44 m³ ha⁻¹ foram observados para os genótipo em estudo quando submetidos ao manejo com diferentes doses de nicosulfuron em mistura com atrazine. O maior rendimento de caldo foi obtido com administração das doses de 10 e 40 g ha⁻¹ para o genótipo BRS 506, 30 e 50 g ha⁻¹ no genótipo BRS 511. Aumento progressivo foi observado no rendimento de caldo do genótipo SF 15 até a dose de 40 g ha⁻¹, no entanto esse genótipo foi o que obteve menor rendimento quando comparado aos demais (Tabela 2). O baixo volume de caldo, obtido com esse genótipo não está correlacionado a mistura dos herbicidas, mas sim a características do próprio genótipo, que possui colmo esponjoso e é pouco adaptado às condições de déficit hídrico.

Teixeira *et al.* (2014) avaliando a aplicação de diferentes herbicidas em seis cultivares de sorgo sacarino obtiveram valores de rendimento de caldo variando de 24,14 a 64,06 m³ ha⁻¹ no tratamento com atrazine e menor volume de caldo foi obtido no tratamento sem capina, revelando a interferência das plantas daninhas no rendimento da cultura. No presente trabalho não foi verificada redução no rendimento de caldo, devido à competição das

plantas daninhas com a cultura, uma vez que o tratamento sem aplicação de herbicidas teve média semelhante à obtida nos demais tratamentos.

Tabela 2 – Teste de médias do desdobramento de genótipos vs dose para rendimento e peso do caldo.

| Fonte de Variação | | Rendimento do caldo ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) | | | | | |
|-------------------|---------|---|---------|----------|---------|---------|---------|
| | | Doses de herbicida (g ha^{-1}) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 16,50 a | 25,18 a | 12,07 ab | 18,46 a | 29,44 a | 13,05 b |
| | BRS 511 | 15,51 a | 9,00 b | 19,25 a | 25,19 a | 18,56 b | 23,75 a |
| | SF 15 | 3,45 b | 5,79 b | 7,41 b | 6,97 b | 11,82 b | 8,39 b |
| Fonte de Variação | | Peso do caldo (t ha^{-1}) | | | | | |
| | | Doses de herbicida (g ha^{-1}) | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Genótipo (G) | BRS 506 | 19,18 a | 28,02 a | 13,47 ab | 20,71 a | 32,94 a | 15,15 b |
| | BRS 511 | 17,30 a | 10,00 b | 21,29 a | 27,81 a | 20,81 b | 26,45 a |
| | SF 15 | 3,77 b | 6,17 b | 7,83 b | 7,63 b | 14,20 b | 9,06 b |

* Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Também na Tabela 2 estão apresentados os dados do peso de caldo, na qual se pode observar que as doses de 30 e 40 g ha^{-1} , em média, resultaram em maior massa de caldo. Essas doses foram seletivas para a cultura e resultaram em bom controle das espécies infestantes na área, mostrando-se promissoras para uso na cultura. A dose de 50 g ha^{-1} de herbicida resultou em decréscimo no peso do caldo nos genótipos BRS 506 e SF 15, revelando que esses são sensíveis a administração de doses superiores de nicosulfuron em mistura com atrazine. O efeito de fitointoxicação causado pelo herbicida sobre as plantas de sorgo sacarino pode reduzir o acúmulo/peso de caldo de forma semelhante ou até mesmo superior à redução causada pela convivência com as plantas daninhas (TEIXEIRA *et al.* 2014). Nesse contexto, é de grande relevância conhecer as doses e herbicidas que sejam seletivos para cada cultura.

Os genótipos com maior rendimento de caldo foram o BRS 506 e BRS 511, com produção média de 17,48 e 18,91 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de caldo, respectivamente, considerando o fato de que o cultivo foi realizado no semiárido em um ano de baixa precipitação pluviométrica, os resultados obtidos são bastante promissores. Os dados de rendimento de caldo dos genótipos BRS 511 e SF 15 se adequaram ao modelo de regressão linear, demonstrando que estes foram influenciados pelas doses de herbicida (Figura 1 A). Esses resultados só veem a salientar o grande potencial dessa cultura para produção de etanol, pelo pequeno produtor que mesmo com poucos recursos para investir em tecnologias pode obter alto rendimento devido à

capacidade produtiva dessa importante cultura e também pelo grande produtor que investindo no sorgo sacarino terá menor custo na produção e retorno rápido do investimento devido ao ciclo curto dessa cultura.

Ratnavathi *et al.* (2010), obtiveram resultados superiores, apresentando rendimentos médios de caldo no intervalo de 20 a 23 m³ ha⁻¹ em quatro genótipos de sorgo, cultivados no período chuvoso com uso de irrigação suplementar. Pereira Filho *et al.* (2013), ressaltaram que para sorgo sacarino, o maior volume de caldo nem sempre configura em maior produção de açúcares e, conseqüentemente em maior rendimento em etanol. No entanto, nesse trabalho foi observada coincidência entre as variáveis, uma vez que os genótipos BRS 511 e BRS 506 obtiveram valores superiores em rendimento de caldo, conteúdo de carboidratos solúveis totais e etanol.

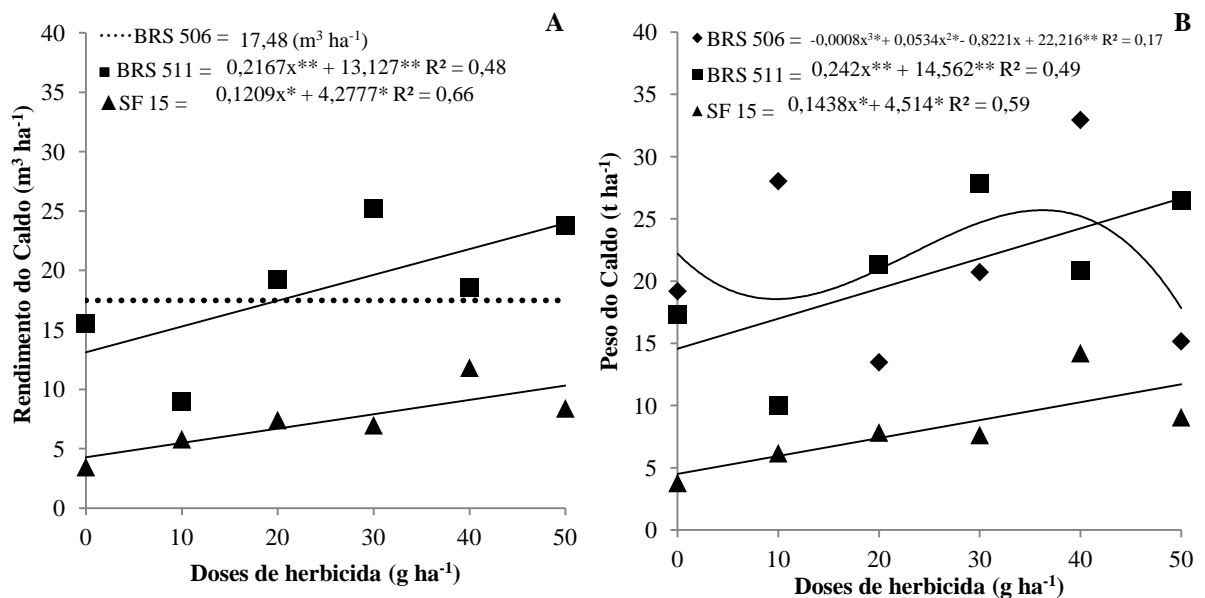


Figura 1 – Desdobramento da interação de dose vs genótipo sobre o rendimento e peso do caldo de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina.

Dados do peso do caldo estão apresentados na Figura 1 B, nesta podemos verificar que o genótipo BRS 506 se ajustou ao modelo de regressão cúbica, BRS 511 e SF 15 se ajustaram ao modelo de regressão linear quando submetidos às diferentes doses de herbicida. Os genótipos BRS 506 e BRS 511 foram os genótipos com maior peso de caldo.

Quanto ao conteúdo de carboidratos solúveis totais observamos que os genótipos BRS 506 e BRS 511 foram os que obtiveram maior média, diferindo estatisticamente do SF 15 pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Essa variável está diretamente relacionada à produção de

etanol, portanto genótipos com alto teor de carboidratos solúveis são os mais recomendados para uso com essa finalidade (Figura 2).

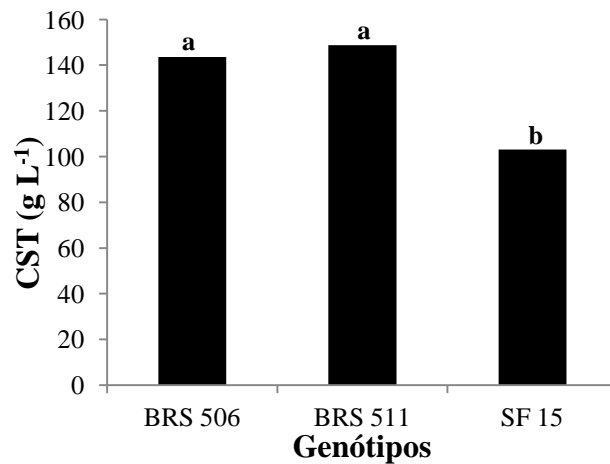


Figura 2 – Média do conteúdo de carboidratos solúveis totais de três genótipos de sorgo sacarino submetidos a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina.

* Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Guigou *et al.* (2011) estudando variedades de sorgo sacarino obtiveram teor de carboidratos solúveis totais de 110 e 138 g L⁻¹ para duas das variedades estudadas quando processadas sem folhas e panículas (colmos limpos). Os resultados obtidos foram próximos do presente trabalho, cujos teores de CST foram de 143,50; 148,77 e 103,05 g L⁻¹ para os genótipos BRS 506, BRS 511 e SF 15, respectivamente.

Na Figura 3A, observa-se que a administração das doses de 10 e 40 g ha⁻¹ de nicosulfuron em mistura com atrazine resultaram em maior produtividade de etanol para o genótipo BRS 506, diferindo estatisticamente dos demais. Com aplicação das doses de 30, 40 e 50 g ha⁻¹ de herbicida o genótipo BRS 511 obteve maior rendimento de etanol, com valores acima de 4 mil litros ha⁻¹. O genótipo SF 15 teve baixa produtividade de etanol em todos os tratamentos, com produção constante independente da dose utilizada, revelando não ter sofrido influência da aplicação dos herbicidas. Os valores obtidos, bem inferiores aos obtidos com os outros genótipos, podem estar relacionados a maior sensibilidade do genótipo ao estresse hídrico sofrido durante a condução do ensaio.

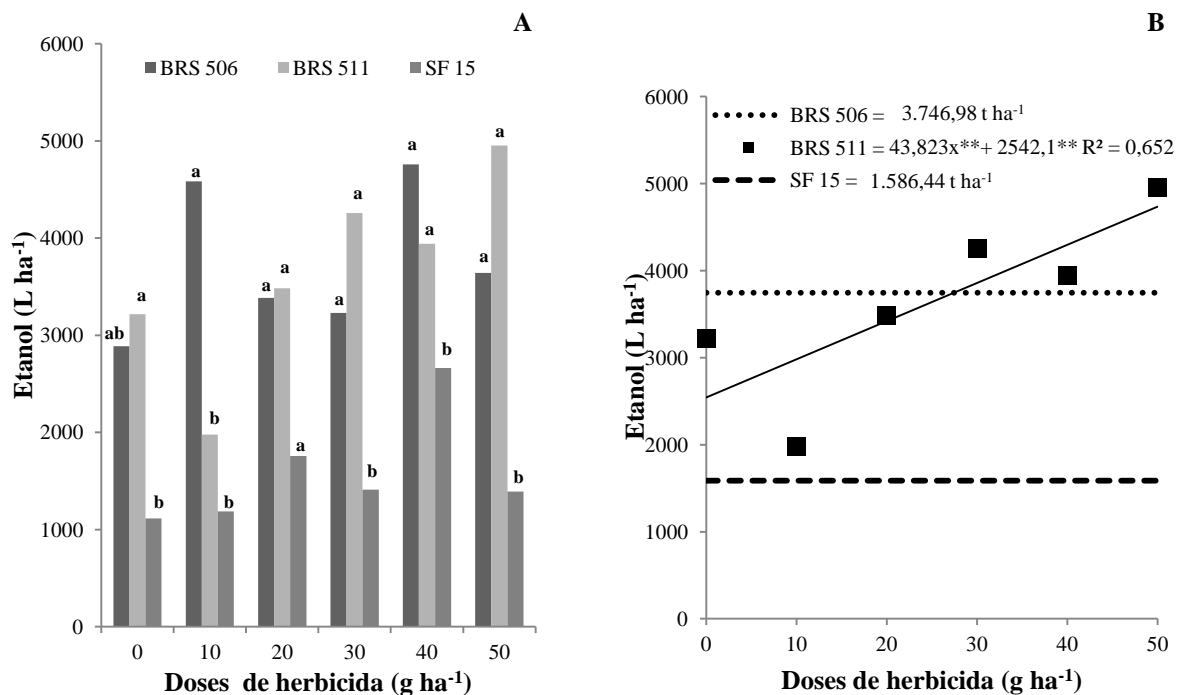


Figura 3 – Desdobramento da interação de genótipos vs dose sobre a produção de etanol de plantas de sorgo sacarino submetidas a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina.

* Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os genótipos BRS 506 e SF 15 não se ajustaram aos modelos matemáticos e obtiveram média de produtividade de 3.746,98 e 1.586,44 t ha⁻¹ de etanol. O genótipo BRS 511 se ajustou ao modelo de regressão linear, com acréscimo na produtividade de etanol à medida que houve acréscimo na dose de herbicida (Figura 2 B).

Para Shikida & Perosa (2012) atualmente a produção de álcool utilizando como matéria prima a cana-de-açúcar é de mais de 7 mil L ha⁻¹, a produtividade do álcool de beterraba é de 5,4 mil L ha⁻¹, enquanto a produtividade do álcool de milho é de 3,1 mil L ha⁻¹. Almodares & Hadi (2009) estipulam que a produção de etanol advindo do sorgo sacarino fica em torno 3 mil L ha. Diante do exposto, a produtividade de etanol obtida no presente estudo, isto é, superior a 4 mil L ha⁻¹ pelos genótipos BRS 506 e BRS 511, é considerada elevada e reforça a superioridade desses genótipos para cultivo no semiárido. Destaca-se aqui o bom desempenho da cultura frente as condições em que foi realizado o cultivo, ou seja, em regime de sequeiro, com população de plantas no campo inferior a utilizada em plantios comerciais e diante da considerável infestação com plantas daninhas nas parcelas tratadas com doses baixas de herbicida.

Não foi verificada diferença estatística para SST com as diferentes doses de herbicida aplicadas. Apesar de não diferir estatisticamente as doses de 20 e 50 g ha⁻¹ apresentaram maior média (Figura 4 A). O °Brix do caldo é uma variável que pode ser influenciada por vários fatores, tais como, comprimento do dia, radiação global e pela adubação ou fertilidade do solo (KUMAR *et al.*, 2008). O fato de doses do herbicida não influenciar negativamente o teor de sólidos solúveis totais, é de grande relevância pois revela a possibilidade de uso do herbicida nicosulfuron em mistura com atrazine no controle de plantas daninhas em sorgo.

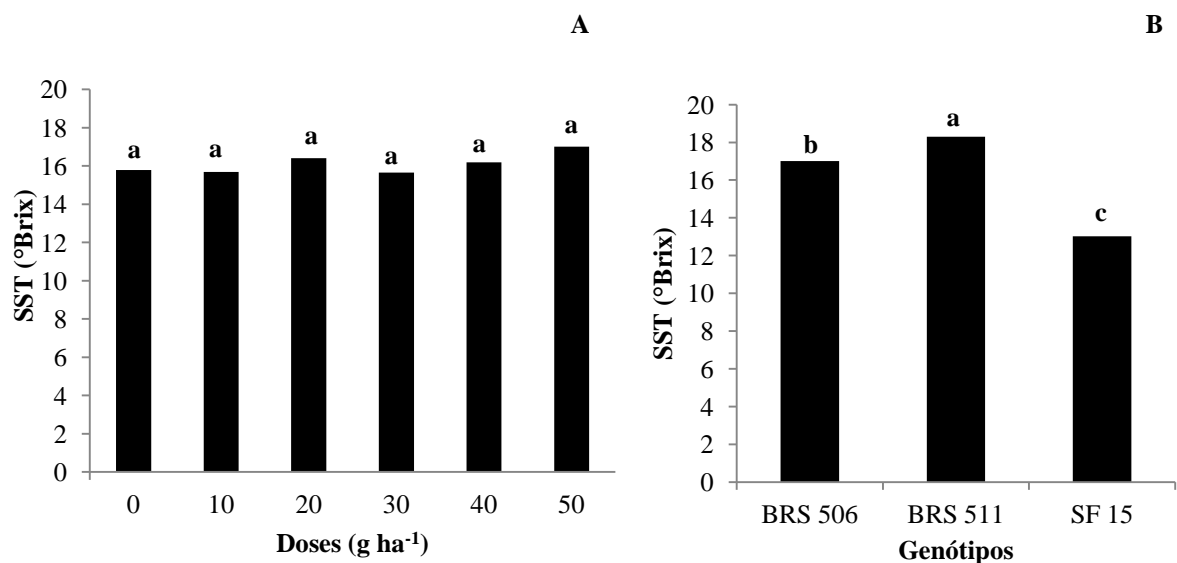


Figura 4 – Dados de sólidos solúveis totais de três genótipos de sorgo sacarino submetidos a doses de nicosulfuron em mistura a atrazina.

* Letras iguais não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%.

Silva *et al.* (2014) observaram que a convivência da cultura do sorgo sacarino com as plantas daninhas ocasionou aumento do teor de sólidos solúveis totais e relatou que esse aumento seria em decorrência da competição intraespecífica que afetou negativamente a eficiência de absorção de água pela cultura, resultando em maior concentração de sólidos solúveis totais. No presente trabalho, possivelmente, a ausência de chuvas durante a fase final do cultivo contribuiu para um maior acúmulo de açúcares no colmo.

Diferença estatística significativa foi observada entre os genótipos avaliados, com média de 17,01; 18,30 e 13,03 (°Brix) para os genótipos BRS 506, BRS 511 e SF 15, respectivamente, como pode ser visto na Figura 4 B. Avaliando 25 genótipos de sorgo sacarino em diferentes localidades Souza *et al.* (2013), obtiveram média de sólidos solúveis

totais de 18,1 (°Brix) para o genótipo BRS 506 e valores variando de 14 a 19,7 (°Brix) para os demais genótipos estudados. Pereira Filho *et al.* (2013), observaram valores de °Brix de 16,04 a 14,88 para os seis genótipos estudados, obtendo média de 15,55 °Brix para o genótipo BRS 506.

16 CONCLUSÃO

As doses de 30 e 40 g ha⁻¹ da mistura de nicosulfuron e atrazine foram seletivas a cultura e resultaram em um eficiente controle das espécies infestantes na área, mostrando o uso promissor dessa mistura em áreas com a cultura do sorgo sacarino.

Os genótipos BRS 506 e BRS 511 obtiveram maior rendimento, peso do caldo, CST, rendimento estimado de etanol e SST e são os genótipos indicados para produção de etanol nas condições desse ensaio.

Para obtenção de maiores informações e recomendação dos genótipos para outros locais de cultivo é importante à realização de mais pesquisas para confirmação dos resultados obtidos, uma vez que esse trabalho foi realizado em apenas um ciclo de plantio.

REFERÊNCIAS

- 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**, Sete Lagoas, v.11, p. 69-85, 2012.
- ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 4, p. 772-780, 2009.
- ALVARES, C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Estugarda, v. 22, p. 711–728, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Consulta de Produtos Formulados/2010**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 13 nov. 2016.
- CAVALIERI, S. D. *et al.* Seletividade do nicosulfuron em três estádios fenológicos de milho-pipoca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, p. 377-386, 2012.
- DUBOIS, M. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, Washington, v. 28, p. 350-356, 1956.
- ESTATCAMP. **Software Action**. Disponível em: <<http://www.portaction.com.br/content/download-action>>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014
- GUIGOU, M. *et al.* Bioethanol production from sweet sorghum: Evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, [S.l.], v. 35, p. 3058-3062, 2011.
- KUMAR, S. R; SHROTRIA, P. K; DESHMUKH, J. P. Characterizing nutrient management effect on yield of sweet sorghum genotypes. **World Journal of Agricultural Sciences**, [S.l.], v.4, p.787-789, 2008.
- MENEZES, C. W. G. *et al.* Seletividade de atrazine e nicosulfuron a *Podisus Nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, p. 327-334, 2012.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de. Mecanismo de Ação de Herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. DE; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, p. 141 – 192, 2011.
- 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 para a produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, p. 118-127, 2013.
- RATNAVATHI, C. V. *et al.* Study on genotypic variation for ethanol production from sweet

sorghum juice. **Biomass and Bioenergy**, [S.l.], v. 34, p. 947-952, 2010.

SAKELLARIOU-MAKRANTONAK, M. *et al.* Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. **Agricultural Water Management**, v. 90, p. 181 -189, 2007.

SHIKIDA, P. F. A.; PEROSA, B. B. Álcool Combustível no Brasil e *Path Dependence*. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 50, p. 243-262, 2012.

SILVA, C. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Bragantia**, Campinas, v. 73, p. 1-8, 2014.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa, MG: UFV, 3^a reimpressão, p. 367, 2012.

SOUZA, V. F. *et al.* Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 13, p. 144-151, 2013.

TEIXEIRA, M. F. F. *et al.* Avaliação do caldo de sorgo sacarino em diferentes aplicações de herbicidas. **9º congresso internacional de bioenergia**. São Paulo, 2014.

APÊNDICE

Tabela 1: Parâmetros meteorológicos referentes ao período de condução do experimento em Pentecoste – CE, de março a julho de 2016.

| Período | T (°C) | | UR (%) | | P (mm) |
|---------------------|--------|------|--------|------|--------------|
| | 9 h | 15 h | 9 h | 15 h | |
| Março (18 a 31) | 23,9 | 35,1 | 80,6 | 70,6 | 41,2 |
| Abril | 23,7 | 34,7 | 80,8 | 75,5 | 84,8 |
| Mai | 23,0 | 36,0 | 72,2 | 69,5 | 59,4 |
| Junho | 22,5 | 36,7 | 73,9 | 61,8 | 99,4 |
| Julho | 22,1 | 38,1 | 66,8 | 51,1 | 00,0 |
| P total (mm) | | | | | 284,8 |

Fonte: Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Vale do Curu – Universidade Federal do Ceará. T – Temperatura; UR – Umidade relativa; P – Pluviosidade acumulada.

Tabela 2 – Atributos químicos e físicos do solo da área experimental, avaliados na camada de 0 – 20 e 20 – 40 cm.

| Profundidade | pH | M. O. | N | P | ----- mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | V | |
|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--|------|------------------|------------------|------------------|----------|-----|----|
| | | | | | K | Na | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | (H + Al) | | S |
| Cm | H ₂ O | g Kg ⁻¹ | g Kg ⁻¹ | mg Kg ⁻¹ | ----- | | | | | | % | |
| 0 - 20 | 7,0 | 10,2 | 0,61 | 39 | 0,66 | 0,68 | 5,1 | 2,7 | 0,05 | 0,66 | 9,1 | 93 |
| 20 - 40 | 7,5 | 6,1 | 0,37 | 36 | 0,45 | 0,76 | 4,5 | 2,9 | 0,00 | 0,33 | 8,6 | 96 |
| Granulometria (g Kg) | | | | | | | | | | | | |
| Profundidade (cm) | Areia Grossa | | Areia Fina | | Silte | | Argila | | Argila Natural | | | |
| 0 - 20 | 68 | | 511 | | 294 | | 128 | | 93 | | | |
| 20 - 40 | 75 | | 532 | | 267 | | 126 | | 104 | | | |

Fonte: Laboratório de Solos/Água. FUNCEME/UFC – Campus Pici, 2016. M.O - matéria orgânica; N - nitrogênio; P - fósforo; K - potássio; Na – sódio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Al – alumínio; (H+Al) – acidez potencial; S – soma de bases e V – saturação por bases.

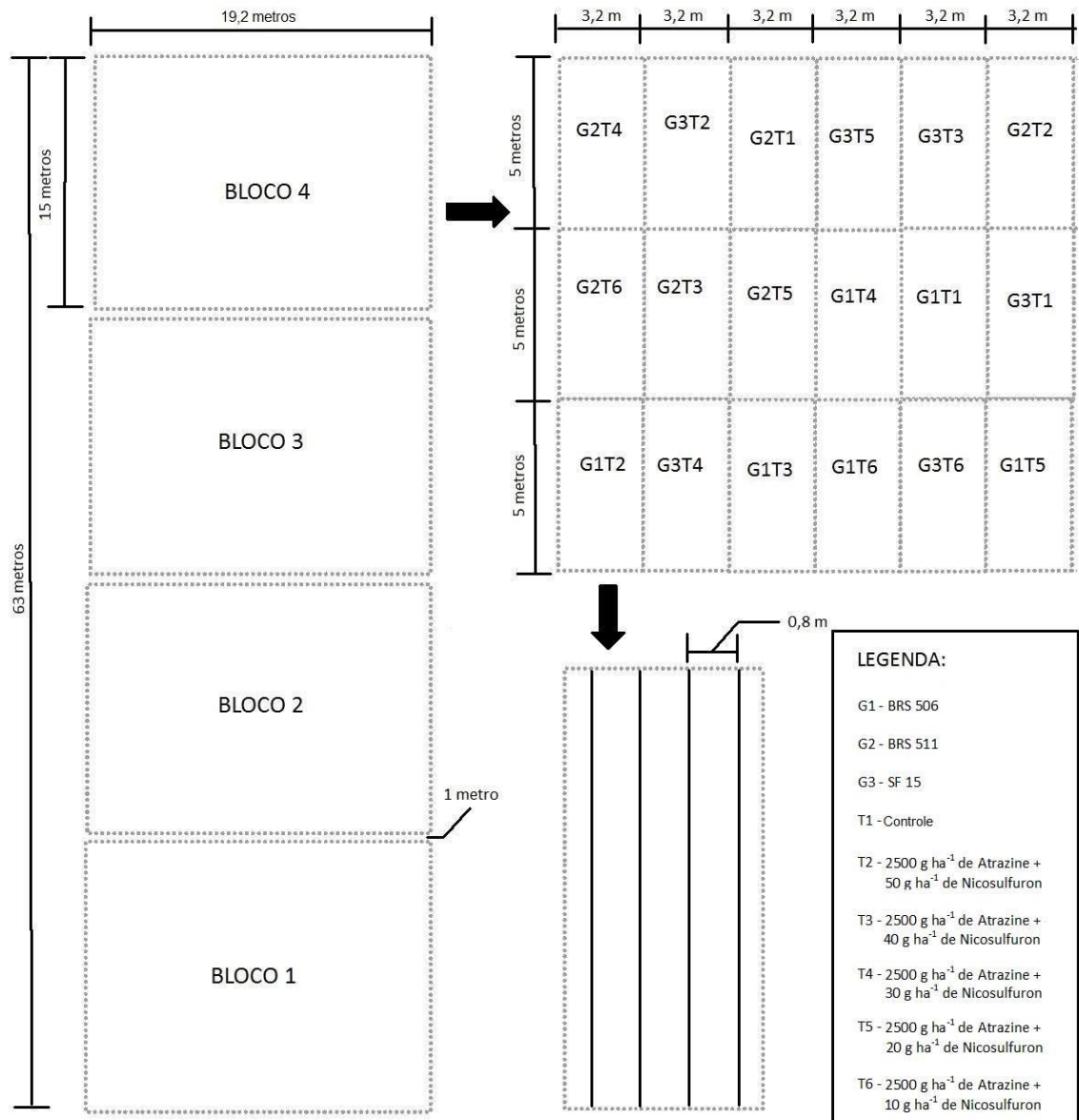


Figura 1 – Croqui da área experimental em Pentecoste-CE.