

Aplicação de mesotrione e atrazine em pós-emergência da cultura do sorgo

Henrique Fernando de Magalhães¹, Fernando Rezende Corrêa², Nelmício Furtado da Silva³, Wendson Soares da Silva Cavalcante³, Daniele Ferreira Ribeiro⁴ & Estevão Rodrigues⁵

¹ Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

² De Lollo Pesquisa e Experimentação Agrícola, Rio Verde, Goiás, Brasil

³ Universidade de Rio Verde, UniRV, Rio Verde, Goiás, Brasil

⁴ GPAC – Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado, Rio Verde, Goiás, Brasil

⁵ MRE Agropesquisa, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: Henrique Fernando de Magalhães, Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UnibRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil. E-mail: henrique.agronomia@outlook.com

Recebido: Novembro 12, 2022

Aceito: Dezembro 31, 2023

Publicado: Fevereiro 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i2.277

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i2.277>

Resumo

Partindo da hipótese de que a cultura do sorgo possui uma limitação no tocante ao manejo de plantas daninhas, além da escassez de moléculas de herbicidas que podem ser usadas no manejo de plantas daninhas na cultura do sorgo sem causar danos a cultura e nem provocar fitotoxicidade que podem reduzir drasticamente o desenvolvimento da cultura e alguns vezes levar as plantas a morte, objetivou-se com o presente estudo avaliar a seletividade na cultura do sorgo após aplicação de mesotrione isolada e associada a atrazine. O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade UniBRAS – Rio Verde – GO, em um Latossolo Vermelho Distroférico (LVDF). O delineamento experimental utilizado foi em bloco casualizados, com 8 tratamentos e 4 repetições, um total de 32 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram no uso de diferentes combinações entre os herbicidas Atrazine e Mesotrione. Foram avaliadas o diâmetro de colmo, altura de planta, números de folhas, comprimento de folha, largura de folha, índice de área foliar aos 28 e 35 dias após aplicação dos herbicidas aplicados no estágio fenológico entre V4 e V6 e o índice de clorofila a, b e total aos 7 e 14 dias após aplicação dos herbicidas. Foi realizada avaliações de fitotoxicidade em porcentagem. Os dados foram submetidos a análise de variância ($p < 0,05$) e os casos de significância foram submetidos ao teste de média Scott-Knott ($p < 0,05$), utilizando o software estatístico Sisvar®.

Palavras-chave: clorofila, manejo fitossanitário, plantas daninhas, cerrado, gramíneas.

Application of mesotrione and atrazine in post-emergence of sorghum crop

Abstract

Assuming the sorghum crop has a limitation regarding the management of weeds, in addition to the scarcity of herbicide molecules that can be used in the management of weeds in the sorghum crop without causing damage to the crop or causing phytotoxicity that can drastically reduce crop development and sometimes lead to plant death, the aim of this study was to evaluate the phytotechnical effects on sorghum crop after application of isolated mesotrione and associated with an atrazine. The experiment was carried out at the Teaching, Research and Extension Farm at UniBRAS College - Rio Verde - GO, in a Red Distroferric Oxisol (LVDF). The experimental design used was a randomized block, with 8 treatments and 4 replications, a total of 32 experimental plots. The treatments consisted of using different models between the herbicides Atrazine and Mesotrione. Stem diameter, plant height, leaf number, leaf length, leaf width, leaf area index at 28 and 35 days after application of the herbicides at the phenological stage between V4 and V6 and the chlorophyll index were evaluated a, be total at 7 and 14 days after herbicide application. Data were discovered by analysis of variance ($p < 0.05$) and cases of significance were identified by Scott-Knott mean test ($p < 0.05$), using the Sisvar® statistical software.

Keywords: chlorophyll, phytosanitary management, weeds, cerrado, grasses.

1. Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é originário dos países que compreendem o continente Africano, no entanto, existe uma acalorada discussão a respeito sobre sua origem ter surgido inicialmente no continente Asiático no território indiano (Ribas, 2012). Inicialmente, o sorgo foi cultivado por volta de 3.000 a.C., o que registram os pesquisadores da Arqueologia, onde foi introduzido na produção agrícola dos Egípcios para complementar a alimentação, enquanto a introdução da cultura no Brasil, se deu centenas de anos após, quando os escravos começaram a produzir o que na ocasião, chamavam de milho d'Angola (Embrapa, 2014, apud, Lira, 1981).

Muito utilizado em diversas áreas, o sorgo contribui para alimentação humana e animal, na produção de energia e vários outros fins, por ser bastante flexível a todas as regiões. A cultura do sorgo possui um alto potencial de produtividade, sendo altamente tolerante a variações bruscas de temperaturas e a longo período de estiagem, podendo ser cultivado em regiões áridas e semiáridas (Silva, et al., 2014; Ferreira et al., 2019a). No Brasil, os Estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia, apresentam quantidades elevadas de áreas de produção por se adaptar com facilidade ao clima seco, e com isso, contribui como fonte de energia, para a forragem animal, além de ser referência em silagem, pastagem direta e feno (Silva et al., 2018). A sua tolerância à solos com alta concentração de sais minerais e alumínio (Al^+) fazem da planta de sorgo adequada para a produção em regiões onde o bioma é de Caatinga (Hammer, 2013; Conab, 2018).

Pertencente a espécie *Andropogoneae*, e gênero *Sorghum*, a planta possui metabolismo C4, mais comum em estações quentes, o sorgo apresenta características morfológicas específicas como ser uma vegetal de posição ereta, sistema radicular ramificado, folhas largas com 40 a 60 cm de comprimento, altura média de 0,4 a 2 m, apresentando colmo robusto e panícula ereta (Ribas, 2012). O planejamento do plantio deve ser levado em consideração pelo período em que se contempla temperaturas mais altas, apesar da fase de enchimento dos grãos necessitarem de chuva (Tanaka et al., 2014; Furquim et al., 2019). Com isso o planejamento deve ser bem definido para não perder taxa de produtividade (Rosa, 2012).

Segundo Ribas (2012), os estudos feitos com plantas cultivadas no Sul e Sudeste dos Estados Unidos tiveram ótima adaptação no Brasil, no período de reintrodução levando em consideração os níveis de altitude das lavouras brasileiras bem como as variações das estações do ano. O sorgo possui algumas variedades, e cada uma, atende a um tipo de finalidade, os mais relevantes para o mercado atual são as variedades forrageiro, sacarino, granífero e vassoura (Nobre, 2017; Ceccon et al., 2018). Uma das maiores dificuldades encontradas na produção da cultura do sorgo, e pode ser considerada como uma deficiência produtiva, é quanto ao crescimento das plantas daninhas. Tamado (2012) e Ribeiro et al. (2018) preceituam que, ocorra uma redução entre 40 e 97% no rendimento dos grãos de sorgo no período que compreende a quarta semana pós-emergência, por interferência de plantas invasoras, em algumas variedades específicas como o sorgo forrageiro. Essa redução pode chegar a 80% por conta da competição pelas plantas invasoras com a cultura do sorgo forrageiro.

Plantas daninhas são invasoras que crescem junto com a planta de cultura competindo por água, luz, nutrientes, espaço, dentre outros fatores biológicos, interferindo no desenvolvimento acarretando uma redução da produção (Takada, 2012; Ferreira et al., 2019b). Segundo Passine & Viana (2013), as plantas daninhas competem com a cultura em quase todos os fatores, em especial, os elementos vitais como água, CO_2 , luz e nutrientes responsáveis pelo desenvolvimento ideal da planta.

Para que se possa realizar um controle adequado dessas plantas, a indicação é que se faça um controle rígido com a interferência de produtos químicos específicos como o herbicida. Essa classe de produtos vem crescendo no mercado do sorgo por conter exatamente os princípios necessários para combater as plantas invasoras sem danificar a planta de cultura (Takada, 2012; Campos et al., 2020). No topo da lista das dificuldades de produção do sorgo, as plantas daninhas possuem lugar significativo como um dos gargalos do sistema de manejo, devido as opções de herbicidas serem escassas, tornando o controle muitas vezes ineficaz (Salvalaggio et al., 2018).

Alguns estudos apontam que no Brasil as plantas daninhas reduzem em média 25% da produtividade das lavouras de sorgo (Embrapa, 2019). Uma das principais causas do desenvolvimento de plantas daninhas nessa cultura se dá, devido ao crescimento lento do sorgo nos estádios iniciais, sendo recomendado o manejo das infestantes desde o início de crescimento da cultura (Takada, 2012).

As plantas daninhas podem prejudicar a cultura do sorgo em diversos aspectos, tanto na competição de elementos vitais para seu crescimento, quanto na competição por minerais (macro e micronutrientes). Segundo

Lorenzi (2016), invasões por plantas daninhas podem comprometer as lavouras por outros motivos diferentes da competição, como por exemplo, a hospedagem de pragas e doenças que podem infestar a lavoura podendo causar não só baixo rendimento, mas também alto custo de operação e produção, e posterior diminuição da eficiência agrícola. O controle preventivo das plantas daninhas é um método eficaz registrado até os dias atuais e se baseia pela prática de prevenção que combatem o crescimento do invasor sem prejudicar o crescimento da planta (Lorenzi, 2016; Bondarenko; Tyutyuma, 2022).

Além do controle com químicos, outro que se destaca é a utilização de sementes de alto potencial e qualidade, que são originalmente já tratadas com processos rigorosos de limpeza, eliminando assim o desenvolvimento de invasoras em sua estrutura, fora isso, são utilizadas também a rotina de rotação de culturas e controle de focos de infestação (Grazziereiro, 2011). Mesmo com diversas possibilidades, a operação mais utilizada e mais eficaz no controle de plantas daninhas, é o controle químico, e com isso, surge no cenário o maior aliado do produtor rural, o herbicida que além de ser motivo de grandes discussões sobre seu efeito posterior na área de cultivo, e nas fontes naturais, ainda é o maior aliado (Pires et al., 2003; Oliveira Junior, 2011; Britto et al., 2012).

No Brasil, o grande aumento no cultivo da cultura do sorgo tem demandado cada vez mais a aplicação de herbicidas que possam atuar de forma mais eficaz e menos danosa sobre o meio ambiente, sendo assim, a necessidade de estudos voltados a mistura de herbicidas que se tornam cada dia mais viáveis, para aumentar os níveis de controle e tornar o manejo eficiente (Petter et al., 2012; Souza, 2018).

Nesse sentido, objetivou-se nesse estudo, avaliar os efeitos fitotécnicos na cultura do sorgo após aplicação de Mesotrione isolada e em mistura com Atrazine, bem como, quantificar as características biométricas, fisiológicas e produtivas dessa cultura, submetida a diferentes herbicidas.

2. Material e Métodos

2.1 Área experimental e análise de solo

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão do Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Goiás, Brasil, na seguinte localização geográfica 17°44'59.22"S e 50°55'56.78"O, com 765 m de altitude e relevo levemente ondulado. O solo da área experimental, é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVDF) (Santos et al., 2018), cuja características químicas e granulométricas estão descritas na (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo, Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde – Goiás, Brasil, safreina 2020.

Macronutrientes													
Prof.	pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	SB	CTC	V	m
cm	CaCl ₂	..... mg dm ⁻³	.....	.....	.....	.....	.....	.....	g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	.....	.....	%
0-20	4,8	5,6	12,6	12,8	2,1	1,2	0,9	5,3	30,5	3,8	9,1	40,5	9,9
20-40	4,6	0,9	16,0	3,2	0,7	0,5	0,1	5,1	22,2	1,3	6,4	20,5	1,6
Micronutrientes							Granulometria						
	B	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila	Classe textural			
	..... mg dm ⁻³						%						
0-20	0,2	3,2	2,7	29,0	35,9	2,3	27,0	13,7	59,0	M. Argiloso			
20-40	0,1	3,2	3,0	32,0	9,7	0,2	23,0	1,5	61,5	M. Argiloso			

Nota: pH da solução do solo, determinado em solução de cloreto de cálcio; MO: matéria orgânica, determinação por método colorimétrico; P: Fósforo, melhich; K⁺: Potássio, melhich; Ca²⁺ e Mg²⁺: teores trocáveis de Cálcio e Magnésio, respectivamente, em KCl; S-SO₄²⁻: Enxofre na forma de sulfatos, extraído por fosfato de Cálcio e determinado por colorimetria. Al³⁺: Alumínio trocável, extraído por solução de cloreto de Potássio a 1 mol L⁻¹. H+Al: acidez total do solo, determinada em solução tampão SMP a pH 7,5. SB: soma de bases (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺). CTC: capacidade de troca de cátions (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + H+Al). V: saturação por bases do solo (relação SB/CTC). m: saturação por Alumínio [relação Al³⁺/(SB+Al³⁺)]. Cu, Fe, Mn e Zn: Cobre, Ferro, Manganês e Zinco, extraídos por solução melhich.

2.2 Cultivar de sorgo e fertilidade do solo

Foi utilizada a variedade de sorgo cultivar 1G100, semeado em 15 de Março de 2020. A adubação foi realizada com base na análise físico-química do solo, e de acordo com a recomendação de Sousa & Lobato (2004). As quantidades e adubos utilizados durante o cultivo, estão descritos na (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidades e adubos utilizados, Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde - GO, safreira 2020.

Adubação	Fonte	Quantidade
Lanço	Formulado 02-25-25*	400 kg ha ⁻¹

Nota: *Aplicado a lanço em área total.

2.3 Clima

Segundo a classificação de Köppen & Geiger (1928) e Alvares et al. (2013), clima da região é classificado como Aw (tropical), com chuva nos meses de Outubro a Maio, e com seca nos meses de Junho a Setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais (Silva et al., 2017). Durante o desenvolvimento da cultura os dados climáticos locais, foram monitorados, e as médias semanais estarão dispostas na (Figura 1).

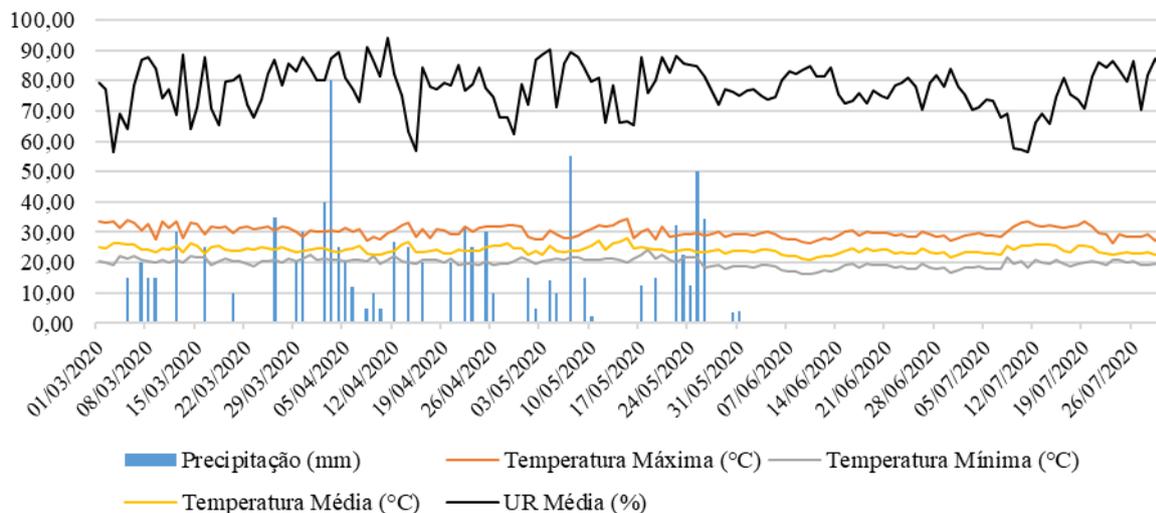


Figura 1. Dados diários, precipitação, temperatura e umidade relativa no período decorrente do experimento, Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde - Goiás, Brasil, safreira 2020. Fonte: Estação Normal INMET - Rio Verde, Goiás, Brasil.

2.4 Tratos culturais

Durante o desenvolvimento da cultura foram feitos os tratos culturais via aplicações de produtos químicos para o controle de pragas e doenças quando necessário. As aplicações dos herbicidas foram realizadas quando a cultura se encontrava entre os estádios fenológicos V4 e V6. O delineamento experimental utilizado foi em bloco casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições (Tabela 3).

As aplicações dos tratamentos foram realizadas utilizando pulverizador costal com pressurização por CO₂ munido de barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo TT 110.02 (0,45 m entre pontas), aplicando volume de calda equivalente a 100 L ha⁻¹. As condições ambientais foram sempre monitoradas para obter uma condição favorável de temperatura média 25 °C, umidade relativa (UR) média de 78% e velocidade do vento média de 2,5 km h⁻¹, sendo realizada entre 8 e 10 h ou das 16 às 18 h, período que foi possível reunir as melhores condições climáticas para as aplicações.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos por produtos comerciais utilizados no ensaio. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde – Goiás, Brasil, safreira 2020.

	Tratamentos		Dose i.a ¹	Dose p.c ²
	Molécula de Herbicida	Produto comercial	g/L	L ha ⁻¹
T1	Controle ³	Sem Herbicida	0	0
T2	Atrazine	Atrazine Nortox	500	2
T3	Mesotrione	Callisto	480	0,21
T4	Atrazine + Mesotrione ⁴	Atrazine Nortox + Callisto	500 + 480	2 + 0,21
T5	Atrazine + Mesotrione ⁵	Calaris	500 + 50	2

Nota: ¹Ingrediente ativo; ²Produto Comercial; ³Sem aplicação de herbicida; ⁴Mistura em tanque; ⁵Mistura Comercial. Fonte: Autores, 2020.

2.5 Análises

Os dados biométricos: diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), números de folhas (NF), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF) foram avaliadas aos 35 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas, já para o índice de área foliar (IAF) as avaliações ocorreram aos 28 e 35 DAA. A área foliar foi determinada com auxílio de fita métrica, onde foi medido o comprimento e a largura das folhas. Para obtenção da área foliar os dados foram coletadas e quantificadas em 7 plantas por parcela experimental, totalizando 28 plantas por tratamento a cada avaliação. A área foliar de cada folha foi obtida através da metodologia descrita e utilizada por Tollenaar (1992) (equação 1).

$$A = C \times L \times 0.75 \text{ (Eq. 1)}^1$$

Onde: ¹A (área foliar); C (Comprimento de folha) e L (largura de folha).

O índice de clorofila *a*, *b* e total, foram obtidos de quatro plantas por parcela experimental, totalizando 16 plantas por tratamento a cada avaliação que foram realizadas aos 7 e 14 DAA. Para determinação dos teores de clorofila foi utilizado um medidor de clorofila do tipo ClorofiLOG1030[®], modelo CFL1030 (Falker[®], Porto Alegre, Brasil). No final do ciclo, foram quantificadas e determinadas a massa de 100 grãos e produtividade de grãos. A produtividade de grãos foi determinada colhendo e trilhando as plantas de uma área de 2 m² nas linhas centrais de cada parcela, totalizando 8m² por tratamento. Foi determinada a umidade da massa total de grãos e corrigido para 13% (b.u) e os valores extrapolados para kg ha⁻¹.

2.6 Análise estatística

Os dados biométricos, fisiológicos e de produtividade, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com ($p < 0,05$), e os casos com significância positiva foram submetidos ao teste de média Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

As variáveis diâmetro de colmo (DC), números de folhas (NF), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), índice de área foliar (IAF) aos 28 e 35 dias após aplicação (DAA) e índice de clorofila *a*, *b* e total aos 7 e 14 DAA não foram significativas em função dos tratamentos, por sua vez, a variável altura de planta (AP) foi significativa em função dos tratamentos (Tabela 4).

Os maiores valores de altura de planta (AP), foi observado no tratamento T1 (Controle), os tratamentos T2 (Atrazine); e T3 (Mesotrione) não diferem entre si, e quando comparados com o controle observa-se uma redução de 13,77% na AP. Os tratamentos T4 (Atrazine + Mesotrione) e T5 (Atrazine + Mesotrione) não diferem entre si, e quando comparados com o Controle observa-se uma redução de 22,59% na AP (Tabela 5).

A intoxicação da cultura do sorgo provocada por este herbicida, estão relacionadas a incapacidade das plantas em degradarem as moléculas dos herbicidas (Silva et al., 2014), afetando o metabolismo da cultura e consequentemente reduzindo a sua taxa fotossintética e/ou ocasionado algum estresse que contribuiu para a menor taxa de crescimento da cultura (Silva et al., 2016).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), números de folhas (NF), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), índice de área foliar (IAF) aos 28 e 35 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas aplicados no estágio fenológico entre V4 e V6 e clorofila a, b e total aos 7 e 14 DAA. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde - Goiás, safreinha 2020.

FV	GL	QM						
		DC	AP	NF	CF	LF	IAF	
							28 DAA ⁷	35 DAA
Blocos	3	7,79 ^{ns}	48,98 ^{ns}	0,39 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0029 ^{ns}
Tratamentos	4	1,14 ^{ns}	189,14 ^{**}	0,10 ^{ns}	29,69 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
Resíduo	12	3,58	18,27	0,13	9,92	0,24	0,0009	0,0013
CV (%)		10,03	6,80	3,86	5,12	7,16	3,99	4,84

FV	GL	QM					
		Clorofila					
		7 DAA Pós			14 DAA Pós		
		a	b	total	a	b	total
Blocos	3	52,42 ^{ns}	26,55 ^{ns}	152,29 ^{ns}	44,85*	106,82*	64,43 ^{ns}
Tratamentos	4	18,45 ^{ns}	9,32 ^{ns}	51,64 ^{ns}	5,41 ^{ns}	22,06 ^{ns}	19,46 ^{ns}
Resíduo	12	15,94	12,17	54,17	8,31	25,76	25,79
CV (%)		11,78	29,45	16,10	7,31	28,63	8,89

Nota: FV – Fonte de Variação; GL – Grau de Liberdade; QM – Quadrado Médio; CV – Coeficiente de Variação; ns não significativo; * significativo a 5% e ** significativo 1% de probabilidade segundo teste F. Fonte: Autores, 2020.

Tabela 5. Índices fitotécnicos da cultura do sorgo após aplicação dos herbicidas. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde - GO, safreinha 2020.

Tratamentos									IAF ⁶	
Molécula herbicida	Dose i.a ¹ g/L	Litros ha ⁻¹	DC ¹ ns	AP ²	NF ³ ns	CF ⁴ ns	LF ⁵ ns	28	35	
								DAA ^{ns}	DAA ^{ns}	
T1	Controle ⁸	0	0	19,75	73,31 a	9,31	58,25	6,39	0,78	0,76
T2	Atrazine	500	2	18,77	65,06 b	9,69	60,91	6,50	0,76	0,73
T3	Mesotrione	480	0,21	18,32	62,25 b	9,63	64,38	6,94	0,73	0,71
T4	Atrazine + Mesotrione ⁹	500 + 480	2 + 0,21	18,67	56,81 c	9,38	64,35	7,35	0,73	0,73
T5	Atrazine + Mesotrione ¹⁰	500 + 50	2	18,80	56,69 c	9,44	59,94	6,85	0,76	0,72
CV (%)			10,03	6,80	3,86	5,12	7,16	3,99	4,84	

Nota: ¹Diâmetro de Colmo; ²Altura de Planta; ³Número de Folhas; ⁴Comprimento de Folha; ⁵Largura de Folha; ⁶Índice de Área Foliar; ⁷Dias Após Aplicação dos herbicidas aplicados em pós; ⁸Sem aplicação de herbicida; ⁹Mistura em tanque; ¹⁰Mistura Comercial; ^{ns}Não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.

Na Tabela 6 observa-se as médias do índice de clorofila a, b e total da cultura do sorgo aos 7 e 14 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas.

Tabela 6. Avaliação de clorofila *a*, *b* e total da cultura do sorgo aos 7 e 14 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde, Goiás, Brasil, safrinha 2020.

Tratamentos				Clorofila ^{ns}					
Molécula de Herbicida		Dose i.a ¹ g/L	Litros ha ⁻¹	7 DAA ²			14 DAA		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>total</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>total</i>
T 1	Controle ³	0	0	36,10	14,01	50,11	38,09	20,06	58,15
T 2	Atrazine	500	2	36,09	12,88	48,96	38,99	20,08	59,06
T 3	Mesotrione	480	0,21	33,38	11,05	44,43	39,56	15,54	55,10
T 4	Atrazine + Mesotrione ⁴	500 + 480	2 + 0,21	31,32	10,84	42,16	39,24	15,23	54,46
T 10	Atrazine + Mesotrione ⁵	500 + 50	2	32,53	10,46	42,99	41,26	17,73	58,99
CV (%)				11,78	29,45	16,10	7,31	28,63	8,89

Nota: ^{ns}Não significativo; ¹Produto Comercial; ²Dias Após Aplicação; ³Sem Herbicida; ⁴Mistura em Tanque; ⁵Mistura Comercial. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade. Fonte: Autores, 2020.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os observados por Galon et al. (2016), que ao analisarem a tolerância de cultivares de sorgo sacarino a vários tratamentos herbicidas, observaram que os materiais foram sensíveis as misturas formuladas de atrazine + s-metolachlor.

Archangelo et al. (2002) avaliando a tolerância do sorgo à aplicação de atrazine constataram que aplicações mais precoces foram mais prejudiciais à cultura, decrescendo com aplicações mais tardias. No entanto, houve tendência de recuperação do desenvolvimento das plantas em função do tempo, após a aplicação do herbicida para todas as doses avaliadas, independente do estágio em que foi feita a aplicação. O uso do herbicida atrazine na cultura do sorgo vem sendo recomendado por diversos autores (Mitchell et al., 2011) por apresentar fitotoxicidade nula ou muito baixa.

As áreas produtoras de safrinha, tanto de milho quanto de sorgo, estão susceptíveis ao aumento das populações de gramíneas infestantes. Situação semelhante ocorreu quando da ampla utilização da formulação de 2,4-D aplicado tanto no milho quanto no sorgo (Oliveira; Karam, 2015). As variáveis massa de 100 grãos (M100G) apresentou efeito significado em função dos tratamentos, já produtividade de grãos não foi significativa (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para as variáveis massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) ao final do experimento. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde, Goiás, Brasil, safrinha 2020.

FV	GL	QM	
		M100G	PG
Blocos	3	0,288 ^{ns}	160247,861 ^{ns}
Tratamentos	4	0,102*	409219,904 ^{ns}
Resíduo	12	0,076	198318,735
CV		9,51	19,50

Nota: FV – Fonte de Variação; GL – Grau de Liberdade; QM – Quadrado Médio; CV – Coeficiente de Variação; ^{ns}não significativo; *significativo a 5% e ** significativo 1% de probabilidade segundo teste F.

Os tratamentos T3; T4; e T5 proporcionaram os maiores aumentos na M100G e quando comparados ao controle e T2, promoveram um aumento de 16,60% na M100G (Figura 2).

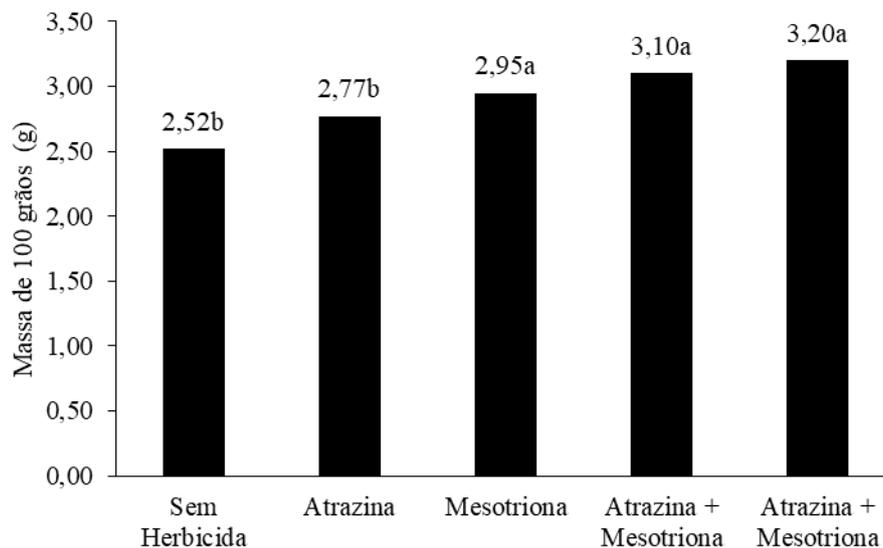


Figura 2. Massa de 100 grãos (M100G) em função dos tratamentos herbicidas aplicados em pós-emergência da cultura do Sorgo. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde, Goiás, Brasil, safrinha 2020. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade. Fonte: Autores, 2020.

Os diferentes tratamentos não promoveram aumentos significativos na produtividade por hectare (Figura 3 e 4).

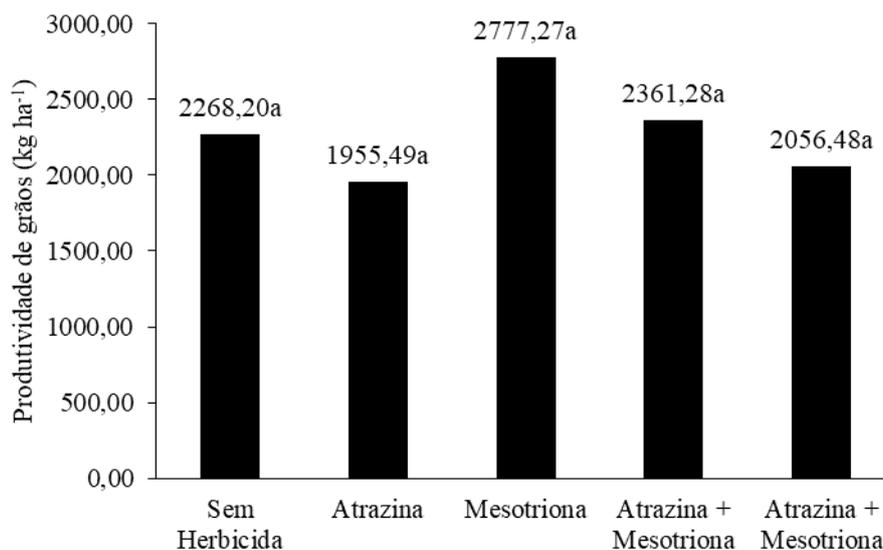


Figura 3. Produtividade em kg ha⁻¹ em função dos tratamentos herbicidas aplicados em pós-emergência da cultura do Sorgo. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde, Goiás, Brasil, safrinha 2020. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade. Fonte: Autores, 2020.

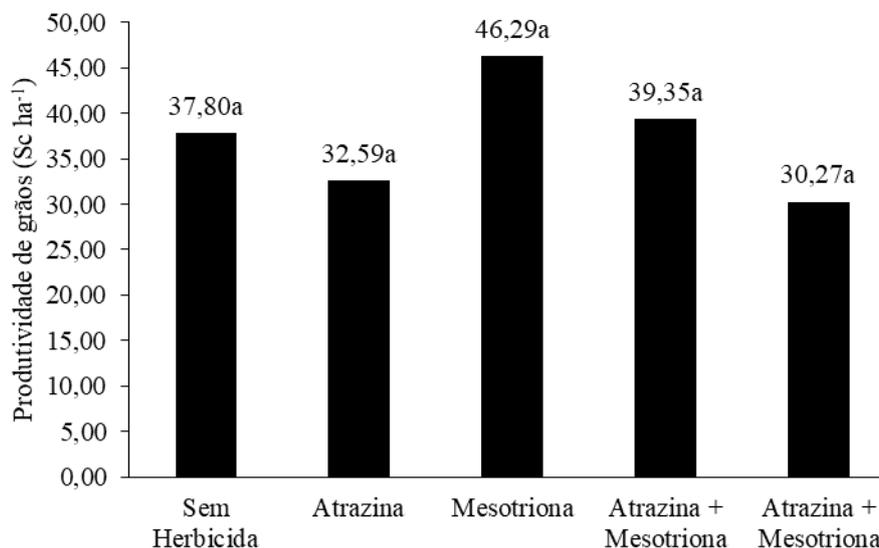


Figura 4. Produtividade em Sacas ha⁻¹ em função dos tratamentos herbicidas aplicados em pós-emergência da cultura do Sorgo. Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde, Goiás, Brasil, safinha 2020. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade. Fonte: Autores, 2020.

O uso da combinação entre princípios ativos pode provocar efeitos adversos sobre as plantas daninhas, e assim, tornam-se indispensáveis pesquisas sobre as suas prováveis interações, possibilitando apontar o uso adequado. Miller & Regehr (2002) e Abit et al. (2009) observaram que alguns genótipos de sorgo granífero apresentaram 60% de fitointoxicação quando submetidos ao herbicida mesotrione (inibidor da HPPD) no estágio de quatro folhas (Matte et al., 2018).

Segundo Grossmann & Ehrhardt (2007), a inibição da síntese de alguns compostos causado pela ação de alguns herbicidas leva à decomposição da clorofila pela luz, como resultado da perda da fotoproteção fornecida pelos carotenoides, resultando na degradação oxidativa da clorofila e, em casos mais extremos, ocorre oxidação das membranas celulares, o que justifica o efeito não significativo da produtividade, bem como os resultados do presente estudo. Miller & Regehr (2002) e Abit et al. (2009) observaram que alguns genótipos de sorgo granífero apresentaram 60% de fitointoxicação quando submetidos ao herbicida mesotrione (inibidor da HPPD) no estágio de quatro folhas. Segundo Grossmann & Ehrhardt (2007), a inibição da síntese de alguns compostos estudo.

4. Conclusões

Os tratamentos T1 (Controle), e os tratamentos T2 (Atrazine); e T3 (Mesotrione) influenciaram com uma pequena redução sobre a altura de planta de sorgo. Atrazine + Mesotrione em combinação ou em um único produto contendo a mistura (Atrazine + Mesotrione) reduziram a altura de planta de sorgo. Os tratamentos T3 (Mesotrione); T4 (Atrazine + Mesotrione); e T5 (Atrazine + Mesotrione) promoveram os maiores ganhos de massa sobre 100 grãos. Os diferentes herbicidas, não promoveram aumentos e reduções significativas na produtividade de grãos sobre a cultura de sorgo cultivar 1G100.

5. Agradecimentos

Ao Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil; ao Grupo de Pesquisa em Agricultura no Cerrado - GPAC, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil.

6. Contribuições dos autores

Henrique Fernando de Magalhães: Coleta de dados experimentais, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas, análise estatística. *Fernando Rezende Corrêa:* Orientador, análise estatística, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas. *Nelmício Furtado da Silva:* Co-Orientador, análise estatística, escrita do

artigo, correções gramaticais e científicas. *Wendson Soares da Silva Cavalcante*: Colaborador, coleta de dados experimentais análise estatística, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas. *Daniele Ferreira Ribeiro*: Colaborador, coleta de dados experimentais análise estatística, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas. *Estevão Rodrigues*: Colaborador, coleta de dados experimentais análise estatística, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas.

7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

8. Aprovação ética:

Não aplicável.

9. Referências

- Abit, M. J. M., Al-Khatib, K., Regehr, D. L., Tuinstra, M. R., Claassen, M. M., Geier, P. W., ... & Currie, R. S. (2009). Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. *Weed Technology*, 23(1), 28-33. <https://doi.org/10.1614/WT-08-086.1>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Archangelo, E. R., Silva, J. B., Silva, A. A., Ferreira, L. R., & Karam, D. (2002). Tolerância do sorgo forrageiro ao herbicida Primestra SC. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(2), 59-66. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v1n02p%25p>
- Bondarenko, A., & Tyutyuma, N. (2022). Biological Effectiveness of onion plant protection scheme. *Revista de Agricultura Neotropical*, 9(3), e6930. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i3.6930>
- Britto, F. B., Vasco, A. N., Pereira, A. P. S., Júnior, A. V. M., & Nogueira, L. C. (2012). Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos. *Revista Ciência Agronômica*, 43(2), 390-398. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200024>
- Campos, T. S., Sousa, A. G. V., Junior, J. S. R., Sousa, W. S., Benett, C. G. S., & Arruda, N. (2020). Allelopathic effect of *Sorghum bicolor* and *Digitaria insularis* on germination and initial development of canola. *Revista de Agricultura Neotropical*, 7(4), 65-72. <https://doi.org/10.32404/rean.v7i4.4230>
- Cardoso, M. L. (2020). *Herbicida*. InfoEscola. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/agricultura/herbicida/>>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- Ceccon, G., Makino, P. A., Alves, V. B., Fachinelli, R., & Luz, R. A. (2018). Produtividade de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura e tipos de solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(2), 69-75. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i2.1729>
- Conab (2018). Companhia Nacional de Abastecimento. *Sorgo: em grão – 1a safra*. Levantamento sistemático da produção agrícola, 6(4).
- Embrapa (2014). *Sistema de produção*, 4(4) apud Lira, M. de A. *Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco*. In: Curso de extensão sobre a cultura do sorgo, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. Curso de extensão sobre a cultura do sorgo. Brasília: Embrapa.
- Embrapa (2018). *Sistema de produção. versão eletrônica*, 7.ed. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/plantasdaninha.htm>. Acesso em: 13 jul. 2020.
- Ferreira, L. L., Souza, B. R., Pereira, A. I. A., Curvêlo, C. R. S., Fernandes, C. S., Dias, N. S., & Nascimento, E. K. Á. (2019a). Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. *Nativa*, 7(4), 330-335. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6656>
- Ferreira, E. A., Paiva, M. C. G., Pereira, G. A. M., Oliveira, M. C., & Silva, E. B. (2019b). Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do milho submetida à aplicação de doses de nitrogênio. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(2), 109-116. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.2710>
- Furquim, L. T., Monquero, P. A., & Silva, R. P. (2019). Efeito de herbicidas no crescimento inicial do sorgo

- sacarina. *Nativa*, 7(1), 37-42. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6441>
- Galon, L., Fernandes, F. F., Andres, A., Silva, A. F. D., & Forte, C. T. (2016). Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46(2), 123-131. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v46i2p123>
- Gazziero, D. L. P., Adegas, F. S., Prete, C. E. C., Ralisch, R., Guimarães, M. D. F. (2001). As plantas daninhas e a semeadura direta. Embrapa Soja - Circular Técnica (Infoteca-E).
- Grossmann, K., & Ehrhardt, T. (2007). On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4 - hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63(5), 429-439. <https://doi.org/10.1002/ps.1341>
- Hammer, G. L., & Broad, I. J. (2003). Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. *Agronomy Journal*, 95(1), 199-206. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.1990>
- Köppen (2013) - Köppen, W. Köppen climate classification. Geography about. Available in: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>.
- Lamas, N., Mena, H., & George, E. (1987). Efecto del herbicida pendimetalin en cultivares comerciales de sorgo granífero. *Agronomía Tropical*, 37(1-3), 63-74.
- Lorenzi, H. (2016). *Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*, 6.ed. – Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 201-231.
- Matte, W. D., de Oliveira Jr, R. S., Machado, F. G., Constantin, J., Biffe, D. F., Gutierrez, F. D. S. D., & da Silva, J. R. V. (2018). Eficácia de [atrazine+ mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 17(2), e587. <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i2.587>
- Miller, J. N., & Regehr, D. L. (2002). Grain sorghum tolerance to postemergence mesotrione applications. *Proc. N. Cent. Weed Sci*, 57, 136-143.
- Mitchell, G., Bartlett, D. W., Fraser, T. E. M., Hawkes, T. R., Holt, D. C., Townson, J. K., & Wichert, R. A. (2001). Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 57(2), 120-128. [https://doi.org/10.1002/1526-4998\(200102\)57:2%3C120::AID-PS254%3E3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1526-4998(200102)57:2%3C120::AID-PS254%3E3.0.CO;2-E)
- Nobre, J. M. E., Kasprzykowski, J. W. A. (2017). *Mercado potencial para o sorgo no Nordeste*. Fortaleza: Departamento de Estudos Econômicos do Nordeste.
- Oliveira Junior, R. S. (2011). *Introdução ao controle químico*. In: Oliveira Junior, R. S., Constatini, J., Inoue, M. H. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba: Omnipax
- Oliveira, M. F., Karam, D. (2015). *Manejo de plantas daninhas*. Embrapa Milho e Sorgo - Capítulo em livro científico (ALICE), Sete Lagoas: Embrapa.
- Petter, F. A., Segate, D., Pacheco, L. P., Almeida, F. A., & Alcântara Neto, F. (2012). Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. *Planta Daninha*, 30(2), 449-457. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000200025>
- Pires, F. R., Souza, C. M., Silva, A. A., Procópio, S. O., & Ferreira, L. R. (2003). Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. *Planta Daninha*, 21(2), 335-341. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582003000200020>
- Ribas, P. M. (2000). Importância econômica. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE), Sete Lagoas: Embrapa.
- Ribas, P. M. (2012). *Cultivo do sorgo*. Importância econômica. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção, 3(1), Sete Lagoas: Embrapa.
- Ribeiro, L. M., Leite, E. M., & Ceccon, G. (2018). Interferência de culturas anuais no crescimento inicial de *Brachiaria ruziziensis*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(3), 70-75. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i3.2077>
- Ritchie, J. T. (2012). *Atmospheric and soil water influences on the plant water balance*. In: Stone, J. F. (Ed.). *Plant modification for more efficient water use*. Amsterdam: Elsevier Scientific, 183-198.
- Rosa, W. J. (2012). *Cultura do sorgo. Belo Horizonte - MG: Emater-MG*. (EMATER-MG. Ciências Agrárias, Culturas). Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL_TECNICO/a%20

- cultura%20do%20sorgo.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- Salvalaggio, A. C., Costa, N. V., Cazzo, V. N., Junior, E. C., & Eckert, A. F. (2018). Espalhamento e tensão superficial de gotas de soluções com herbicidas e adjuvantes em folhas de *Digitaria insularis*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(3), 60-64. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i3.1721>
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbrreras, J. F., Coelho, M. R., Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5.ed. Brasília: Embrapa, 355p.
- Silva, A. F., D'Antonino, L., Ferreira, F. A., Ferreira, L. R. (2014). Manejo de plantas daninhas. In: BORÉM, A. et al (Eds). *Sorgo: do plantio a colheita*. Viçosa: UFV.
- Silva, J. D., Kichel, A., Feijó, G., Thiago, L. D. S., Porto, J. (1997). *Avaliação de cultivares de milho e sorgo para produção de silagem*. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 34, 187-189.
- Silva, N. F., Cunha, F. N., Teixeira, M. B., Soares, F. A. L., Vidal, V. M., & Morais, W. A. (2017). Reposição hídrica e adubação nitrogenada na cana-de-açúcar via gotejamento subsuperficial: cana-planta e cana-soca. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11(6), 1862. <https://doi.org/107127/rbaiv11n600642>
- Silva, W. T., Schio, L. A., Wagner, P. K., Modanese, B. P., Karam, D., Silva, A. F. (2016). *Tolerância de genótipos de sorgo sacarino a herbicidas pré-emergentes*. In: Embrapa Milho e Sorgo - Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.
- Silva, T. M., Nogueira, A. L. S. P., Oliveira, A. B., Viana, I. E. T., Moura, J. G., & Oliveira, L. S. C. (2018). Interference of spacing on the growth and biomass of sweet sorghum. *Nativa*, 6(5), 443-450. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i5.5630>
- Takada, E. I. (2012). Efeito de doses do herbicida Diuron sobre a germinação da semente de sorgo granífero. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Biocombustíveis) - Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba.
- Tanaka, A. A., Jadoski, C. J., Klar, A. E., & Silva Junior, J. F. (2014). Development of sorghum plants submitted under different water table levels in glasshouse. *Nativa*, 2(1), 18-22. <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i1.1445>
- Tamado, T., Ohlander, L., & Milberg, P. (2002). Interference by the weed *Parthenium hysterophorus* L. with grain sorghum: influence of weed density and duration of competition. *International Journal of Pest Management*, 48(3), 183-188. <https://doi.org/10.1080/09670870110101739>
- Thuswohl, M. (2020). *Syngenta lidera mercado de agrotóxicos*. SWI swissinfo.ch. Disponível em: <<http://www.swissinfo.ch/por/syngenta-lidera-mercado-de-agrot%C3%B3xicos/37034916>>. Acesso em: 19 jul. 2020.
- Waquil, J. M. (2018). *Pragas*. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 6.ed. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/pragas.htm>. Acesso em: 18 jul. 2020.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).