

Desempenho agrônômico do sorgo sacarino em função do espaçamento entrelinhas e população de plantas

Naiara Gimenes de Oliveira¹, Murilo Fuentes Peloso², Matheus Gustavo da Silva¹, Arthur Pereira da Silva³

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.

²Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil.

³Iowa State University, Ames, Iowa, Estados Unidos.

E-mail autor correspondente: nai_gimenes@hotmail.com

Artigo enviado em 31/03/2019, aceito em 14/08/2019.

Resumo: O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) destaca-se como alternativa viável para a produção de etanol, sobretudo como complemento às usinas que utilizam da cana-de-açúcar como principal matéria prima para obtenção do combustível, especialmente por apresentar ciclo expressivamente mais curto e colheitas que tendem a ser realizadas na entressafra da cultura principal. O presente estudo objetivou avaliar o desempenho agrônômico do sorgo sacarino cultivado em diferentes espaçamentos e populações de plantas, em anos subseqüentes, na região Oeste de Mato Grosso do Sul. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universidade de Aquidauana, em delineamento experimental de blocos completos com tratamentos casualizados, em esquema fatorial 4x4, cujos tratamentos compuseram-se da combinação entre quatro espaçamentos entrelinhas (0,40; 0,60; 0,80 e 1,00 m) e quatro populações de plantas (50; 100; 150 e 200 mil plantas ha⁻¹), semeados nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014. Foram avaliados diâmetro de colmos (DC, cm), altura de plantas (AP, m), massa (kg planta⁻¹) e produtividade (Mg ha⁻¹) de matéria verde e seca da parte aérea e °Brix (%). Maiores valores de DC, AP, massa verde e massa seca de plantas foram obtidos a partir de espaçamento entrelinhas de 0,4 a 0,6 m e populações de 50 a 100 mil plantas ha⁻¹. Para a obtenção de melhor produtividade de matéria verde e seca (t ha⁻¹), além de sólidos solúveis de boa qualidade, recomenda-se o uso de espaçamento de 0,6 m entrelinhas, com população de plantas entre 150.000 e 200.000 plantas ha⁻¹.

Palavras chave: Arranjo de plantas, Biomassa, Etanol, *Sorghum bicolor*, °Brix.

Agronomic performance of sweet sorghum as a function of row spacing and plant population

Abstract: The sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) stands out as a viable alternative for the production of ethanol, mainly as a complement to sugarcane mills as the main raw material for exhibit significantly shorter cycle and crops that tend to be carried out in the offseason of the main crop. The present study aimed to evaluate the agronomic performance of sweet sorghum cultivated in different plant row spacing and plant populations, in subsequent years, in the western of Mato Grosso do Sul. The experiment was conducted at the State University of Mato Grosso do Sul, University Unit of Aquidauana, in experimental design of complete blocks with randomized treatments, in a 4x4 factorial scheme, whose treatments were composed of four row spacings (0.40,

0.60, 0.80 and 1.00 m) and four plant populations (50, 100, 150 and 200 thousand plants ha⁻¹), sown in the agricultural years of 2012/2013 and 2013/2014. Were evaluated stalks diameter (SD, cm), plant height (PH, m), mass (kg plant⁻¹) and yield (Mg ha⁻¹) of green matter and shoot dry matter and °Brix were evaluated. Higher values of SD, PH, green mass and dry mass of plants were obtained from 0.4 to 0.6 spacing and populations from 50 to 100 thousand ha⁻¹ plants. In order to obtain better productivity of (t ha⁻¹), in addition to good quality solids, it is recommended to use 0.6 m spacing between rows, with a plant population between 150 and 200 thousand plants ha⁻¹.

Key words: Plant arrangement, Biomass, Ethanol, *Sorghum bicolor*, °Brix.

Introdução

Quinto cereal mais produzido no mundo, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) surge como cultura de ampla utilização e importância, podendo ser destinado para a alimentação humana, produção de rações e silagem para animais e produção de bioenergia e biocombustíveis (ALVINO et al., 2012; MARTINS et al., 2017), sendo que, neste contexto, o sorgo sacarino tem se destacado como alternativa viável para a produção de etanol, sobretudo como complemento às usinas que utilizam da cana-de-açúcar como sua principal matéria prima para obtenção do combustível, especialmente por apresentar ciclo expressivamente mais curto e colheitas que tendem a ser realizadas na entressafra da cultura principal (FERNANDES et al., 2014; MASSON et al., 2015).

O potencial do sorgo sacarino como matéria prima na produção do etanol se dá pelo ciclo curto da cultura, facilidade de reprodução através do uso de sementes, boa adaptabilidade a climas e solos distintos, alta produção de colmos por hectare, aproveitamento de maquinários já utilizados para a cultura da cana-de-açúcar na colheita e processamento dos colmos e, sobretudo, pela qualidade do caldo advindo do colmo das plantas, que tendem a atender parâmetros como período útil de industrialização de aproximadamente 30 dias, boa produtividade de biomassa

(acima de 40 t ha⁻¹), produção de açúcares redutores totais acima de 12,5%, °Brix entre 14,25 e 14,5% e produção de 60 L de etanol por tonelada de colmos (FREITA et al., 2014; SOUZA et al., 2016; CÂMARA et al., 2018).

Dada a necessidade de expansão da produção de alimentos e culturas com potencial de produção de energia sustentável, áreas com pouca expressividade agrícola tendem a ser utilizadas, como é o caso da região de transição cerrado-pantanal, cujo potencial para a produção de diversas culturas ainda é pouco elucidado. Dada a ampla adaptabilidade da cultura do sorgo, o mesmo tende a apresentar elevado potencial de produção nas mais diversas regiões do país e, dentre as práticas de manejo necessárias para um bom rendimento agrônomo da cultura em cada ambiente, faz-se importante a adequação de fatores como adubação, época adequada de semeadura, espaçamento entrelinhas, arranjo e população de plantas, dentre outros.

Diversos autores constataram respostas distintas do arranjo de plantas sobre o desenvolvimento e produtividade do sorgo em diversas regiões e ambientes de produção, justificados, sobretudo, pelo melhor aproveitamento da cultura quanto aos recursos do ambiente, como água, nutrientes e radiação solar. Tais trabalhos evidenciam ainda as diferentes características de adaptação da cultura ao espaçamento entrelinhas e

a população de plantas conforme o material genético utilizado e o ambiente de produção (ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY et al., 2016; COSTA et al., 2017; SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2018; BRAZ et al., 2019).

Dentre os aspectos envolvidos na definição do arranjo mais adequado de plantas no campo, destaca-se a competição intraespecífica e o melhor aproveitamento do dossel quanto a recursos hídricos, nutrientes e radiação solar incidente (FERNANDES et al., 2014; HANAUER et al., 2014, BANDEIRA et al., 2018), tal como melhor cobertura do solo e, por consequência, menor

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014 na área experimental de produção vegetal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Aquidauana (UUA), com coordenadas geográficas 20° 27' Sul e 55° 40' Oeste e altitude aproximada de 174 metros. A região, no ecótono cerrado-pantanal, situada no Oeste de Mato Grosso do Sul, apresenta clima tropical úmido (Aw), conforme a classificação de Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 29 °C, maior concentração de chuvas no período de verão e estação seca no inverno, com precipitação anual em torno de 1.200 mm (PACHECO et al., 2012). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (SANTOS, 2018).

Anteriormente a implantação dos experimentos, foram coletadas amostras de material de solo ao longo da área experimental e enviadas a um laboratório especializado, onde foram obtidos os dados de análise química do solo visando a realização dos cálculos de adubação e correção do mesmo: pH (H₂O) = 5,44; H⁺ + Al³⁺ = 3,66 cmolc dm⁻³, K⁺ = 0,19 cmolc dm⁻³, Ca²⁺ = 3,55

impacto ocasionado pela ocorrência de plantas daninhas (GOMES e KARAM, 2018; BRAZ et al., 2019).

Diante da necessidade de expansão do cultivo em novas áreas de produção, tal como a escassez de informações técnicas para a região de transição cerrado-pantanal, o presente estudo objetivou avaliar o desempenho agrônômico do sorgo sacarino cultivado em diferentes espaçamentos e populações de plantas em anos subsequentes na região Oeste de Mato Grosso do Sul.

cmolc dm⁻³, Mg²⁺ = 0,90 cmolc dm⁻³ e Al = 0,15 cmolc dm⁻³. As adubações foram realizadas conforme as recomendações para a cultura do sorgo.

Durante os períodos experimentais foram coletados dados referentes às variações de temperaturas mínimas e máximas, tal como de pluviosidade do local, na estação meteorológica existente na Universidade. Assim, foram observadas as temperaturas médias mínimas de 22,8 e 24,7 °C e máximas de 34,7 e 34,3 °C e pluviosidades de 104,4 e 116,8 mm para os anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014, respectivamente, de acordo com o Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (CEMTEC).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos, com tratamentos casualizados, em esquema fatorial 4x4, com os tratamentos compostos pela combinação de quatro espaçamentos entrelinhas (0,40; 0,60; 0,80 e 1,00 m) e quatro populações de plantas (50; 100; 150 e 200 mil plantas ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), com quatro repetições, além do híbrido de sorgo sacarino Blade® BD5404. As unidades experimentais compuseram-se por uma área total de 22,5 m², sendo constituídas

de número de linhas compatível com cada espaçamento, ou seja, para os espaçamentos de 0,40; 0,60; 0,80 e 1,00 m, foram implantadas 9; 5; 5 e 4 linhas, respectivamente, com 6 m de comprimento cada. A área útil foi formada por duas linhas centrais de cada parcela, excluindo ainda 0,5 m da extremidade de cada linha.

As sementeiras dos experimentos foram realizadas em sistema convencional na primeira quinzena de dezembro com os ciclos da cultura se estendendo até a segunda quinzena de março, para ambos os anos agrícolas. O preparo da área foi realizado com duas gradagens pesadas, seguindo-se uma gradagem niveladora, aproximadamente sete dias antes da sementeira. Aos 20 dias após a sementeira (DAS), foi realizado desbaste das plantas menos vigorosas, a fim de manter as populações pré-estabelecidas para cada tratamento. Quando necessário, para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), foram realizadas aplicações de inseticida a base de metomil, na dose de 172 g do i.a. ha⁻¹, utilizando pulverizador costal e o controle de plantas daninhas foi realizado através de capina manual sempre que necessário. Os procedimentos ocorreram de forma semelhante em ambos os anos agrícolas.

Como variáveis resposta foram avaliados: a) Diâmetro de colmos (DC, cm), mensurado por ocasião do pleno florescimento, com paquímetro digital, no primeiro internódio acima do colo da planta, em cinco plantas aleatórias na área útil de cada unidade experimental; b) Altura de plantas (AP, m), determinada por ocasião do pleno florescimento, a partir da medição do colo da planta (superfície do solo) até a

extremidade da panícula de cinco plantas aleatórias na área cada unidade experimental; c) Massa de matéria verde da parte aérea por planta (MVP) (g planta⁻¹) mensurada, por ocasião do pleno florescimento, a partir da coleta e pesagem individual de cinco plantas aleatórias na área útil de cada unidade experimental e d) Massa de matéria seca da parte aérea por planta (MSP) (g planta⁻¹), onde as plantas coletadas para avaliação da MVP foram individualmente trituradas, condicionadas em sacos de papel previamente identificados e levadas a estufa de ventilação forçada (65 °C) até obtenção de massa constante, procedendo-se nova pesagem; e) Produtividade de matéria verde (PMV, Mg ha⁻¹), obtida através da extrapolação da MVP para Mg ha⁻¹, conforme cada população de planta estudada; f) Produtividade de matéria seca (PMS, Mg ha⁻¹), obtida através da extrapolação da MSP para Mg ha⁻¹, de forma análoga ao realizado para os dados de PMV; g) ^oBrix (%), determinado a partir da coleta de cinco colmos em plantas aleatórias em cada unidade experimental que, posteriormente, foram moídos em moinho artesanal, de onde foi extraído o caldo, analisado por um refratômetro digital portátil de Bancada (0 a 45 °Brix).

Os dados obtidos para ambos os anos agrícolas foram submetidos individualmente à análise de variância e, havendo significância, foram submetidos a análise de regressão. Havendo interações significativas para os fatores, foram realizados os respectivos desdobramentos. Todas as análises foram realizadas através do software estatístico Sisvar, em nível de 5% de significância (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Foram observadas respostas significativas ($p \leq 0,05$) para o diâmetro de colmos (DC) em função do

espaçamento entrelinhas e da população de plantas na safra agrícola 2012/2013 enquanto que, na safra 2013/2014 o DC respondeu de forma significativa apenas para a população de plantas (Tabela 1). Entretanto, no que diz respeito à altura de plantas (AP), houve resposta significativa apenas em função da

população de plantas para a safra 2012/2013 e, para a safra seguinte, apenas o fator espaçamento influenciou sobre a AP (Tabela 1). Para ambas as variáveis respostas, nas duas safras, não houve interação significativa entre os fatores estudados ($p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância e valores médios para diâmetro de colmo (DC, cm) e altura de plantas (AP, m) em função dos espaçamentos entrelinhas (m) e populações de plantas (plantas ha⁻¹) na cultura do sorgo sacarino nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul

TRATAMENTOS		DC (cm)		AP (m)	
		2012/13	2013/14	2012/13	2013/14
Espaçamento (E) (m)	0,4	3,33	2,18	3,22	2,47
	0,6	3,15	1,97	3,34	2,39
	0,8	2,16	1,99	3,27	2,29
	1,0	2,26	2,06	3,30	2,28
Pop. de plantas (P) (plantas ha ⁻¹)	50.000	3,04	2,46	3,40	2,32
	100.000	2,76	2,04	3,28	2,31
	150.000	2,64	1,94	3,30	2,39
	200.000	2,45	1,76	3,17	2,41
F	E	52,3*	1,11 ^{ns}	1,0 ^{ns}	4,22*
	P	8,9*	11,68*	3,5*	1,24 ^{ns}
	E x P	0,4 ^{ns}	0,7 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,98 ^{ns}
C.V. (%)		11	15	5	6,6

* significativo ($p \leq 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na Safra 2012/2013, o diâmetro de colmo apresentou comportamento linear decrescente em função do aumento no espaçamento entrelinhas, com seus valores reduzindo em média 0,21 cm para cada 10 cm de aumento no espaçamento (Figura 1). Tais resultados podem ser justificados levando em consideração que o aumento na população de plantas, sem alterar a população das mesmas, proporciona um maior número de plantas por metro na

linha de semeadura e, dessa forma, tende a elevar a competição intraespecífica por fatores primordiais ao desenvolvimento das plantas, tais como luz solar, água e nutrientes (KAPPES et al., 2011; HANAUER et al., 2014; TAIZ et al., 2017), podendo assim reduzir o acúmulo de reservas nos colmos e conseqüentemente seu diâmetro médio.

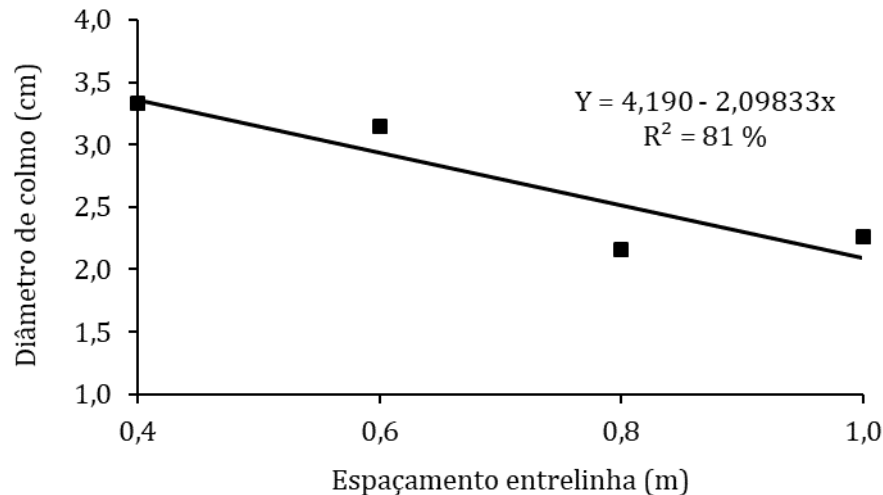


Figura 1. Diâmetro de colmos (cm) na cultura do sorgo sacarino em função do espaçamento entrelinhas (m) na safra de 2012/2013. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

Em resposta a elevações da população de plantas, o DC apresentou comportamento semelhante em ambos os anos agrícolas, havendo decréscimo linear à variável resposta conforme se elevou o número de plantas por área. Em ambas as safras, para cada aumento de 10.000 plantas ha^{-1} , ocorreram decréscimos médios de 0,04 cm no DC (Figura 2). É oportuno ressaltar que tais

reduções no diâmetro de colmos, ocasionadas tanto pelo aumento do espaçamento entre linhas quanto da população de plantas, provocam maior fragilidade das plantas, que tendem a ficar mais suscetíveis ao acamamento e possível quebramento de colmos (SANGOI et al., 2000; GROSS et al., 2006).

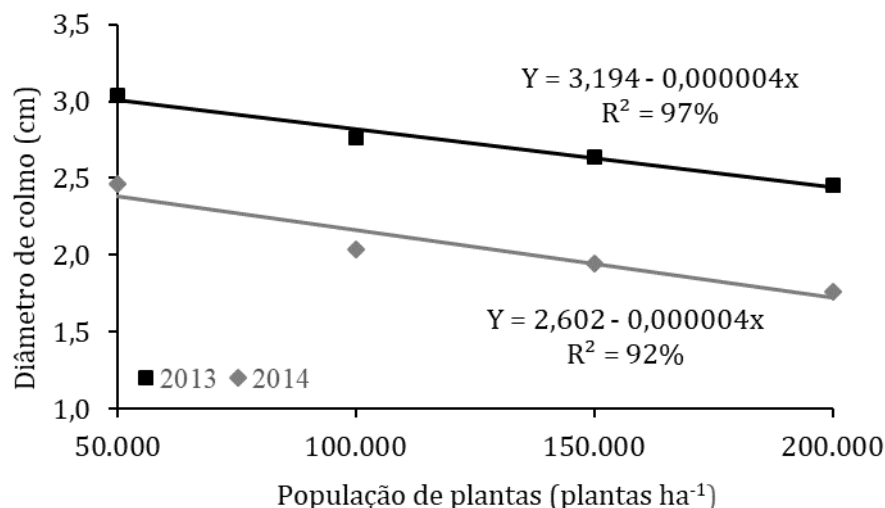


Figura 2. Diâmetro de colmos (cm) na cultura do sorgo sacarino em função da população de plantas ($plantas\ ha^{-1}$) nas safras de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

Para a altura de plantas (AP), no ano agrícola de 2013/2014 constatou-se efeito linear decrescente em função do espaçamento entrelinhas, em que cada 10 cm de ampliação no espaçamento proporcionou decréscimo médio de 3,40

cm a variável resposta (Figura 3). Además, no que diz respeito aos efeitos da população de plantas sobre a AP, no ano agrícola de 2012/2013 o aumento de 10.000 plantas ha⁻¹ proporcionou redução de 1 cm na AP (Figura 4).

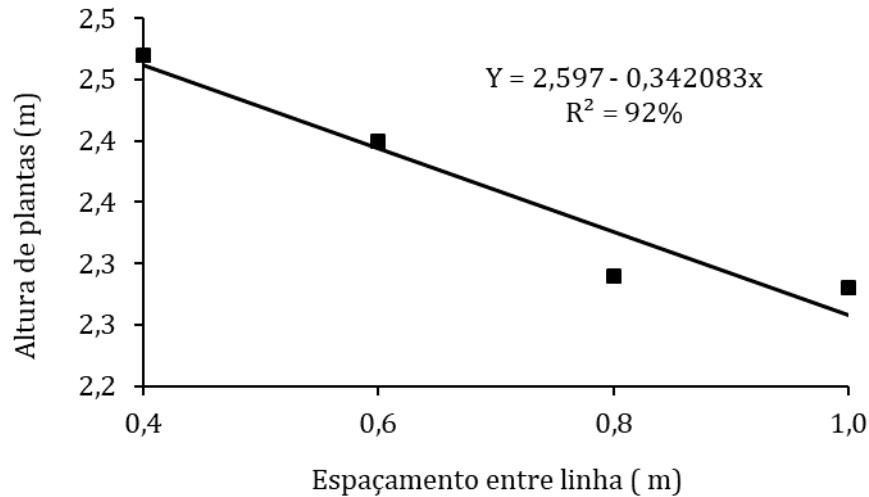


Figura 3. Altura de plantas (m) na cultura do sorgo sacarino em função do espaçamento entrelinhas (m) na safra de 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

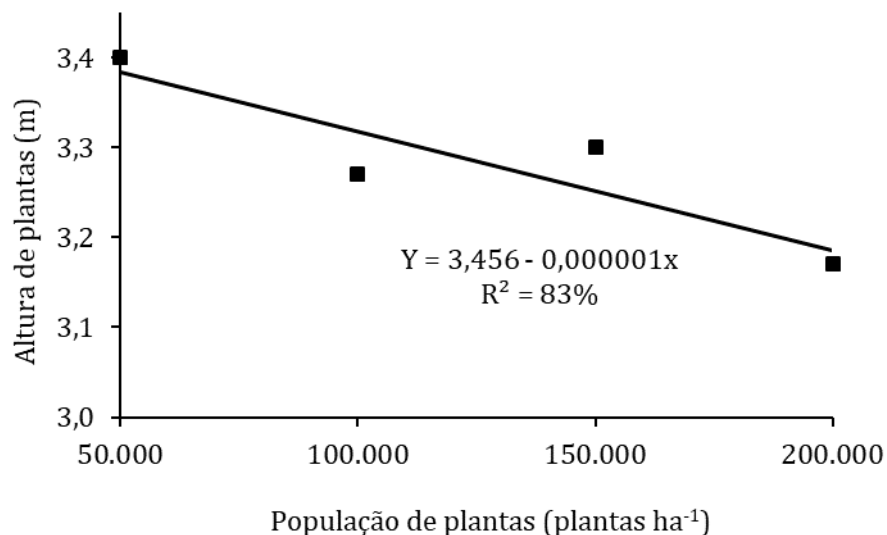


Figura 4. Altura de plantas (m) cultura do sorgo sacarino em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) na safra de 2012/2013. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

As reduções na AP constatadas podem ser atribuídas aos efeitos da competição intraespecífica, sobretudo

por interceptação de luz, que reduz de forma significativa o potencial fotossintético da cultura. Tal

comportamento pode ser justificado por alterações fisiológicas e hormonais das plantas cultivadas, tal como nos processos de divisão celular (MEROTTO JR. et al., 2002). Nesse sentido, um melhor arranjo entre plantas tende a amenizar tal efeito negativo causado à AP (RABELO et al., 2012). Bandeira et al. (2018), destacam ainda que o alongamento dos colmos tende a ser influenciado diretamente pelo conteúdo foliar das plantas, ou seja, de maneira geral é possível inferir que menores populações de plantas apresentaram

produção superior de área foliar e, conseqüentemente, melhor aproveitamento da radiação solar incidente.

Para a produção de matéria verde (MVP) e seca (MSP) por planta, foram observados efeitos significativos ($p \leq 0,05$) para ambas as variáveis em função da população de plantas nos dois anos agrícolas avaliados, não havendo respostas em relação ao espaçamento entrelinhas, tampouco interação significativa entre os fatores ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância e valores médios para produção de matéria verde (MVP, kg planta⁻¹) e seca (MSP, kg planta⁻¹) por planta em função dos espaçamentos entrelinhas (m) e populações de plantas (plantas ha⁻¹) na cultura do sorgo sacarino nas Safras de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul

TRATAMENTOS		MVP (kg planta ⁻¹)		MSP (kg planta ⁻¹)	
		2012/13	2013/14	2012/13	2013/14
Espaçamento (E) (m)	0,4	1,09	0,96	0,26	0,27
	0,6	0,95	0,84	0,25	0,22
	0,8	0,95	0,74	0,26	0,20
	1,0	1,02	0,82	0,30	0,22
Pop. de plantas (P) (plantas ha ⁻¹)	50.000	1,31	1,08	0,34	0,29
	100.000	0,99	0,83	0,26	0,23
	150.000	0,94	0,76	0,27	0,22
	200.000	0,78	0,68	0,21	0,18
F	E	1,0 ^{ns}	2,58 ^{ns}	1,13 ^{ns}	2,79 ^{ns}
	P	11,3*	9,92*	8,68*	6,15*
	E x P	0,84 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,53 ^{ns}	1,22 ^{ns}
C.V. (%)		11	23	24	27

* significativo ($p \leq 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

A produção de MVP respondeu de forma linear decrescente à regressão conforme a elevação da população de plantas em ambos os anos agrícolas estudados. Dessa forma, para ambas as safras, houveram decréscimos médios de 30 g planta⁻¹ para cada 10.000 plantas acrescentadas (Figura 5). Assim, observou-se que a MVP média obtida para o ano agrícola de 2012/2013 foi de

1,00 kg planta⁻¹, enquanto que, para o ano agrícola de 2013/2014 a média de MVP foi de 0,84 kg planta⁻¹, representando uma diferença de 16%, que pode ser justificada, sobretudo, pela maior estatura e diâmetro das plantas cultivadas no primeiro ano agrícola mencionado (Tabela 1).

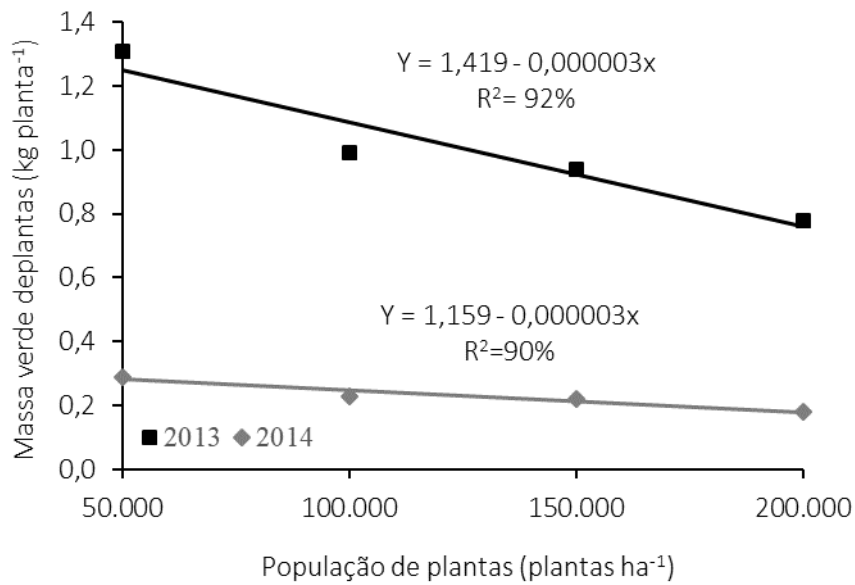


Figura 5. Massa verde de plantas (kg planta⁻¹) na cultura do sorgo sacarino em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) nas safras de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

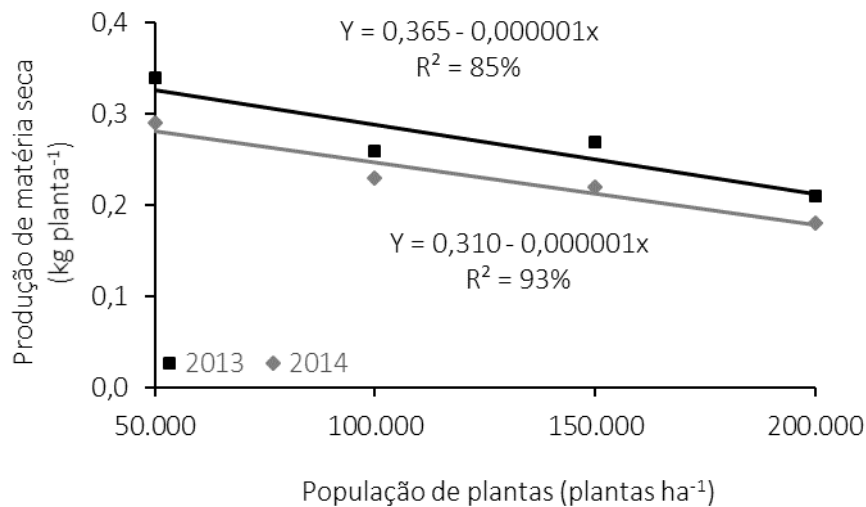


Figura 6. Massa seca de plantas (kg planta⁻¹) na cultura do sorgo sacarino em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) nas safras de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

É válido ressaltar que nem sempre o maior acúmulo de MVP se traduz em maiores MSP, conforme pode ser visualizado na Figura 6, onde a diferença entre os valores obtidos para a MSP em ambos os anos, de 14,8%, é menor àquela visualizada para a MVP (Figura 5). Entretanto, de forma análoga ao

ocorrido para a MVP, a produção de MSP respondeu de forma linear decrescente em ambos os anos agrícolas, assim, para ambas as safras, o incremento de 10.000 plantas ha⁻¹ acarretou em redução de 10 g planta⁻¹ (Figura 6).

O comportamento observado, sobretudo para a MSP, correlaciona-se

diretamente com a tendência supracitada para a altura de plantas, pois tende a haver influência direta do alongamento dos colmos sobre a produção de massa seca das plantas (BANDEIRA et al., 2018). De forma análoga, o mesmo comportamento pode estar diretamente relacionado ao acúmulo de massa seca nos colmos, que proporciona maior diâmetro aos mesmos.

Quanto as produtividades de matéria verde (PMV) e seca (PMS), foram observadas respostas significativas ($p \leq 0,05$) para a PMV apenas em função da população de plantas para ambas as safras (Tabela 3),

entretanto, para PMS na safra de 2012/2013, houveram respostas significativas tanto para a população de plantas quanto para o espaçamento entre linhas e, na safra 2013/2014 a resposta significativa se deu apenas para o fator população de plantas (Tabela 3) enquanto que, para o conteúdo de °Brix não houve influência significativa dos fatores para a safra agrícola 2012/2013, entretanto, para a safra 2013/2014, houve interação significativa entre o espaçamento entrelinhas e a população de plantas (Tabela 4). Não foram observadas interações significativas entre os fatores para a PMV e a PMS em nenhum dos anos agrícolas.

Tabela 3. Análise de variância e valores médios para produtividade total de matéria verde (PMV, Mg ha⁻¹) e seca (PMS, Mg ha⁻¹) em função dos espaçamentos entrelinhas (m) e populações de plantas (plantas ha⁻¹) na cultura do sorgo sacarino nas safras de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul

TRATAMENTOS		PMV (Mg ha ⁻¹)		PMS (Mg ha ⁻¹)		°Brix (%)	
		2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14
E (m)	0,4	122,5	105,52	30,2	30,69	10,40	11,60
	0,6	110,2	95,02	30,4	24,98	10,04	11,51
	0,8	104,5	91,03	25,5	24,27	9,61	11,39
	1,0	122,9	96,70	40,2	25,63	10,63	12,03
P (plantas ha ⁻¹)	50.000	65,4	54,17	21,9	14,35	10,20	11,23
	100.000	99,3	83,31	23,2	22,68	10,84	11,42
	150.000	140,6	114,16	40,0	32,43	9,75	12,06
	200.000	154,9	136,63	41,7	36,10	10,88	11,83
F	E	0,89 ^{ns}	0,66 ^{ns}	5,18*	21,25 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,80 ^{ns}
	P	17,9*	22,68*	15,98*	0,71	0,55 ^{ns}	1,5 ^{ns}
	E x P	0,85 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,88 ^s	1,64 ^{ns}	2,53*
C.V. (%)		23	29	30	28	24	9

* significativo ($p \leq 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Em ambas as safras avaliadas, o aumento da população de plantas proporcionou comportamento linear crescente à produtividade total de matéria verde (PMV), cujo acréscimo de 10.000 plantas ha⁻¹ proporcionou aumento de 6,19 Mg ha⁻¹ para a safra 2012/2013 e 5,56 Mg ha⁻¹ para a safra

2014/2015 (Figura 7). Tais respostas indicam que os decréscimos provenientes do aumento da população de plantas para a MVP não interferiram negativamente na PMV, de forma a haver uma compensação pelo maior número de plantas por unidade de área.

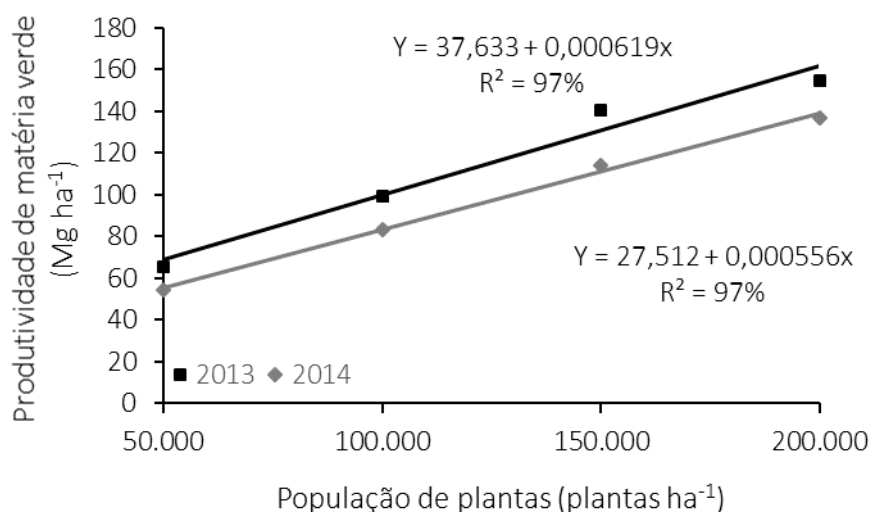


Figura 7. Produtividade de matéria verde (Mg ha⁻¹) na cultura do sorgo sacarino em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) nas safras de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

De forma análoga aos valores obtidos para PMV no presente estudo, Albuquerque et al. (2011), avaliando o espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido em dois anos agrícolas, verificaram diferentes médias de produtividade entre os anos, demonstrando o efeito proporcionado pelas condições de clima à cultura. O aumento na PMV em relação a diferentes populações de plantas também foi relatado por Albuquerque et al. (2012), que observaram que o aumento de 1.000 plantas ha⁻¹ proporcionou incremento médio na produtividade de matéria verde de 35,3 Mg ha⁻¹. Os autores destacaram, entretanto, que o aumento de indivíduos por área acarretou em menor interceptação de luz pelas plantas e maior susceptibilidade ao

acamamento, problema não identificado de forma expressiva no presente estudo.

Para a produtividade de matéria seca (PMS), acompanhando a tendência observada para a PMV, o espaçamento entre linhas proporcionou comportamento linear crescente para o ano agrícola 2012/2013, onde a cada 10 cm ampliados no espaçamento entrelinhas, houve incremento de 1,26 Mg ha⁻¹ na produtividade de matéria seca (Figura 8) e, em relação ao efeito da elevação na população de plantas sobre a PMS, houve ajuste linear crescente a regressão para a população de plantas em ambos os anos agrícolas, onde o aumento de 10.000 plantas ha⁻¹ acarretou acréscimos aproximados de 1,6 Mg ha⁻¹ em ambos os casos (Figura 9).

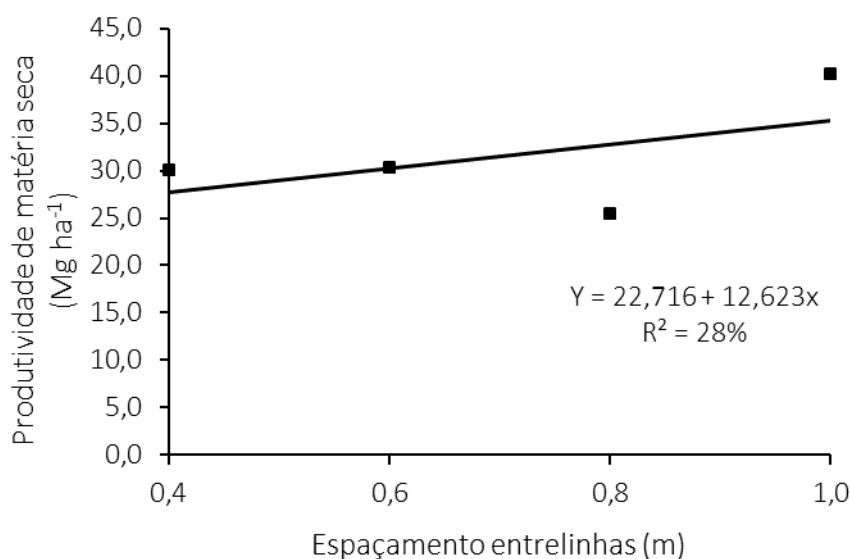


Figura 8. Produtividade de matéria seca (Mg ha⁻¹) na cultura do sorgo sacarino em função do espaçamento entrelinhas (m) na safra de 2012/2013. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

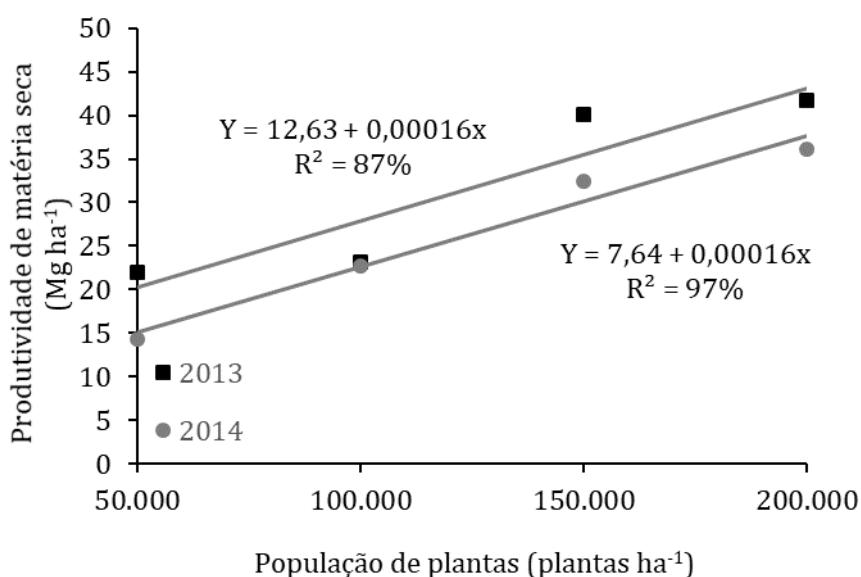


Figura 9. Produtividade de matéria seca (Mg ha⁻¹) na cultura do sorgo sacarino em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) nas safras de 2012/2013 e 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

Vale ressaltar que quanto menos tempo a planta permanece no campo após a maturação, maior será o acúmulo de matéria seca, devendo assim ser levada em consideração a finalidade do cultivo e, independentemente da população de plantas adotada, as épocas de corte interferem de forma

significativa para a produção de matéria seca, obtendo maior peso de matéria seca quando realizadas mais precocemente (RODRIGUES, 2010). Outros autores, tais como Godsey et al. (2012), sugerem ainda que a cultura do sorgo sacarino de maneira geral apresenta boa adaptabilidade produtiva

quando cultivado em elevadas populações de plantas, sobretudo em espaçamentos entre linhas reduzidos.

Para o teor de °Brix do colmo houve interação significativa ($p \leq 0,05$) entre a população de plantas e o espaçamento entrelinhas e, ao realizar o desdobramento da interação, foi observado efeito significativo da

população de plantas apenas para o espaçamento de 0,60 m (Tabela 4). Assim, ao efetuar o desdobramento da interação entre a população de plantas e o espaçamento de 0,60 m, verificou-se que o aumento de 10.000 plantas ha^{-1} proporcionou acréscimo de 0,20% no teor de °Brix (Figura 9).

Tabela 4. Análise de variância e valores médios do desdobramento da interação entre espaçamento entrelinhas (m) e população de plantas (plantas ha^{-1}) para o teor de °Brix (%) na cultura do sorgo sacarino na Safra de 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul

TRATAMENTOS		População de plantas (plantas ha^{-1})				Linear
		50.000	100.000	150.000	200.000	
Espaçamento entrelinhas (m)	0,4	12,2	10,9	11,1	12,1	-
	0,6	10,0	10,5	13,5	12,7	16
	0,8	11,4	11,6	11,1	11,3	-
	1,0	11,3	12,6	12,5	11,7	-
Linear		-	-	-	-	

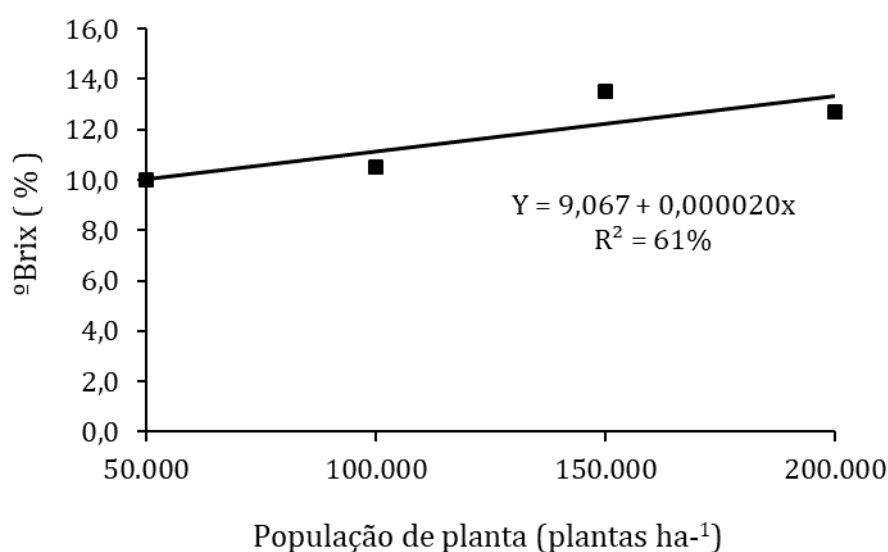


Figura 10. Ajuste do desdobramento para o °Brix (%) em função da população de plantas (plantas ha^{-1}) para o espaçamento entrelinhas de 0,6 m na cultura do sorgo sacarino na Safra de 2013/2014. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Oeste de Mato Grosso do Sul.

O efeito sobre a concentração de sólidos solúveis pode ser atribuído ao aproveitamento da radiação solar. De acordo com Silva et al. (2011), quando se aumenta 1 cm no espaçamento ocorre

acrécimo de 0,011% no valor do °Brix, os autores justificam que, pelos espaçamentos mais elevados aumentarem o número de indivíduos na linha de plantio, ocorre redução na

eficiência de absorção de água diminuindo a concentração dos teores de sólidos solúveis no caldo. Fiorini et al. (2017), constataram incremento significativo ao volume de caldo em plantas de sorgo sacarino com o aumento da população de plantas, entretanto, tal incremento não se traduziu em maior conteúdo de °Brix. Parrella (2011) destaca ainda que uma boa produção de colmos verdes em associação ao conteúdo de °Brix tende a influenciar diretamente sobre a produtividade de etanol da cultura do sorgo sacarino.

Conclusões

Para a obtenção de melhor produção de matéria verde e seca, além de sólidos solúveis de boa qualidade, recomenda-se o uso de espaçamento de 0,6 m entrelinhas, com população de plantas entre 150.000 e 200.000 plantas ha⁻¹.

Referências

- ALVINO, F. C. G.; WANDERLEY, J. A. C.; BRITO, M. E. B.; BARRETO, C. F.; FERNANDES, P. D.; LEITE, D. T. Rendimento de fitomassa do sorgo sacarino sob sistemas de captação de água "in situ". **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.8, n.2, p.54-59, 2012.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.2, p.278-285, 2011.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, A. S.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.11, n.1, p.69-85, 2012.
- BANDEIRA, A.H.; MEDEIROS, S.L.P.; EMYGDIO, B.M.; BIONDO, J.C.; LEAL, L.T. Morfologia foliar de sorgo sacarino cultivado em diferentes espaçamentos entrelinhas e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.17, n.1, p.63-75, 2018.
- BRAZ, G. B. P.; MACHADO, F. G.; do CARMO, E. L.; ROCHA, G. C.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B. Desempenho agrônômico e supressão de plantas daninhas no sorgo em semeadura adensada. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.18, n.2, p. 170-177, 2019.
- CÂMARA, T. M. M.; PARRELLA, R. A. C.; SILVA, H. E. Qualidade industrial e rendimento de etanol de genótipos de sorgo sacarino em planta e rebrota. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.17, n.2, p.216-228, 2018.
- FERNANTES, P.G. **Avaliação agrônômica de dois cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em Sete Lagoas - MG**. 89 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.
- FERNANDES, P. G.; MAY, A.; COELHO, F. C.; ABREU, M. C.; BERTOLINO, K. M. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.6 p.975-981, 2014.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, H. D.; MORAES, J. P. M.; SANTOS, J. P. R. dos; BORGES, I. D.; PIRES, L. P. M. Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.9, n.4, p.33-46, 2017.
- FREITA, L. A.; COSTA, G. H. G.; MASSON, I. S.; FERREIRA, O. E.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Chemico-technological parameters and maturation curves of sweet sorghum genotypes for bioethanol production. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.50, p.3638-3644, 2014.
- GODSEY, C. B.; LINNEMAN, J.; BELLMER, D.; HUHNKE, R. Developing row spacing and planting density recommendations for rainfed sweet sorghum production in the southern plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.104, n.2, p.280-286, 2012.
- GOMES, T. C.; KARAM, D. Dinâmica populacional de plantas daninhas em áreas com sorgo sacarino e granífero com diferentes espaçamentos e densidades de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.17, n.3, p.390-399, 2018.
- GROSS, M. R.; PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.387-393, 2006.
- HANAUER, J. G.; STRECK, N. A.; LANGER, J. A.; KRÄULICH, B.; UHLMANN, L. O. Desenvolvimento e crescimento foliar e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e de cana-soca. **Bioscience Journal**, Oxford, v.30, n.4, p.1077-1086, 2014.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O. OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.2, p.334-343, 2011.
- MARTINS, A. M.; PARRELA, R. A. da C.; LOPES, D. de C.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELA, N. N. L. D.; NEVES, W. dos S.; SILVA, A. P. C. M. Período e utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.16, n.2, p.217-231, 2017.
- MASSON, I. S.; COSTA, G. H. G.; ROVIERO, J. P.; FREITA, L. A.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.9, p.1695-1700, 2015.
- MAY, A.; SOUZA, V. F. de; GRAVINA, G. A.; FERNANDES, P. G. Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.3, p.434-439, 2016.
- MEROTTO JR., A.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G.; ALMEIDA, M. L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta daninha**, Viçosa, v.20, n.1, p.9-16, 2002.
- PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo

biomassa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

RABELO, F. H. S.; RABELO, C. H. S.; DUPAS, E.; NOGUEIRA, D. A.; REZENDE, A. V. de. Parâmetros agronômicos do sorgo em razão de estratégias de semeadura e adubação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.47-66, 2012.

RODRIGUES, H. F. F. **Densidades e épocas de corte das plantas de sorgo sacarino para produção de forragem e de etanol**. Montes Claros: Universidade Estadual de Monte Claros, 2010, 43f. (Graduação em Agronomia), Universidade Estadual de Monte Claros, 2010.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F.; BOGO, A.; KOTHE, D. M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados em diferentes densidades de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.1, p. 17-21, 2000.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em:
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>> Acesso em: 28 de março de 2019.

SILVA, K.M.J; ALBURQUERQUE, C.J.B; TARDIN, D.F; PARRELA, R.A.C; BRANT, R.S; OLLIVEIRA, R.S. Produtividade e qualidade de caldo em cultivares de

sorgo sacarino submetidos a diferentes arranjos de plantas. In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da EPAMIG / FAPEMIG, 8, 2011, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: EPAMIG, p.1-4.

SILVA, T. M. da; NOGUEIRA, A. L. S. P.; OLIVEIRA, A. B. de; VIANA, I. E. T.; MOURA, J. G. de; OLIVEIRA, L. S. C. Interference of spacing on the growth and biomass of sweet sorghum. **Nativa**, Sinop, v.6, n.5, p.443-450, 2018.

SOUZA, R. S.; PARRELLA, R. A. C.; SOUZA, V. F. de; PARRELLA, N. N. L. D. Maturation curves of sweet sorghum genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.40, n.1, p.46-56, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre, RS: Artmed, 6ed., 2017. 888 p.