

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ADENSAMENTO DE PLANTAS NA CULTURA DO SORGO
GRANÍFERO

ANTONIO GERMANO CARPIM ROCHA

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL

2017

ANTONIO GERMANO CARPIM ROCHA

**ADENSAMENTO DE PLANTAS NA CULTURA DO SORGO
GRANÍFERO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P518c Rocha, Antonio Germano Carpin.

Adensamento de plantas na cultura do sorgo granífero. / Antonio Germano Carpin Rocha - 2017.
48f.: il. figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde – UniRV, 2017.
Inclui biografia
Inclui índice de tabelas e figuras

1. Agronomia. 2. Milho. 3. Produtividade. I. Carmo, Eduardo lima. II. Adensamento de plantas na cultura do sorgo granífero. III . Rocha, Antonio Germano Carpin. IV. Carmo, Eduardo Lima.

CDD: 630

Elaborada por Fernanda Castro - Bibliotecária CRB1-3191

ANTONIO GERMANO CARPIM ROCHA

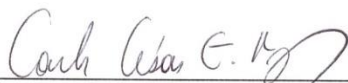
ADENSAMENTO DE PLANTAS NA CULTURA DO SORGO GRANÍFERO

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

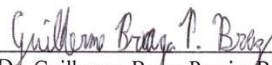
APROVAÇÃO: 22 de dezembro de 2017



Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo
Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira/Braz
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Renato Lara de Assis
Membro IFGoiano - Iporá

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Valson Silva Rocha e Geisilaine Carpin Rocha, pelos conselhos e apoio.

A minha irmã, Maria Eduarda Carpin Rocha, por seu companheirismo.

AGRADECIMENTO

Agradeço, a Deus, que me guiou por toda essa caminhada.

Aos meus pais e à minha irmã, que me apoiaram durante a realização do curso.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Eduardo Lima do Carmo, pelo convívio, apoio, amizade e conhecimentos divididos que contribuíram para a execução deste trabalho.

Ao professor Carlos César Evangelista de Meneses, por seus ensinamentos e apoio na realização deste trabalho.

Aos Professores, Dr. Gustavo André Simon e Dr. Guilherme Braga Pereira Braz, pelo apoio.

A todos os professores do curso de Mestrado da UniRV, que foram de suma importância em minha formação acadêmica.

Aos meus amigos do Mestrado, pelo incentivo e apoio constante.

À equipe do Centro Tecnológico Comigo (CTC), pela área e apoio concedido para a realização deste trabalho.

Aos estudantes e estagiários da UniRV, que contribuíram na condução dos ensaios, especialmente, Leandro Neuwald, Linconl Campos Nogueira, Luiz Fernando Ribeiro Junior, Maurício Ritterbuch e Wilem Eduardo Ferraz.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram, para a realização deste trabalho e que de certa forma, auxiliaram-me durante o trajeto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMO GERAL.....	vii
GENERAL ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Importância econômica do sorgo no mundo e no Brasil.....	2
2.2 Classificação botânica do sorgo.....	3
2.3 Arranjos espaciais de plantas.....	3
2.4 Espaçamento entre linhas de semeadura.....	4
2.5 Densidade de semeadura.....	5
REFERÊNCIAS.....	6
CAPÍTULO 1 - DESEMPENHO AGRONÔMICO DO SORGO CULTIVADO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS.....	9
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4 CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO 2 - CULTIVO DE SORGO EM DIFERENTES DENSIDADES E ESPAÇAMENTO DE SEMEADURA.....	21
RESUMO.....	21
ABSTRACT.....	22
1 INTRODUÇÃO.....	23
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4 CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS.....	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Análise química do solo na profundidade de 0 - 0,20 m, amostrado antes da instalação dos ensaios, nas áreas do CTC - Comigo e da UniRV na safrinha 2016/2017.....	12
TABELA 2	Resumo da análise de variância conjunta para as características de altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), perfilhamento (PF), comprimento de panículas (CP), peso de panículas (PP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG) de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2016/2017....	15
TABELA 3	Valores médios de características de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2016/2017.....	16
TABELA 4	Análise química do solo na profundidade de 0 - 0,20 m, amostrado antes da instalação dos ensaios, nas áreas do CTC - Comigo e da UniRV na safrinha 2016/2017.....	24
TABELA 5	Resumo da análise de variância conjunta para as características de altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), perfilhamento (PF), comprimento de panículas (CP), peso de panículas (PP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG) em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2016/2017.....	27
TABELA 6	Valores médios de características de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2016/2017.....	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar, ocorrida nas áreas experimentais do CTC - Comigo e UniRV, durante a condução dos ensaios de sorgo na safrinha 2017.....	13
FIGURA 2	Representação gráfica para equações de regressão referentes as características de altura de plantas (A), diâmetro do colmo (B), número de perfilhos (C), comprimento de panículas (D), peso de panícula (E), peso de mil grãos (G) e produtividade de grãos (F), em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.....	17
FIGURA 3	Representação gráfica para a equação de regressão referente a característica de produtividade de grãos em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.....	18
FIGURA 4	Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar, ocorrida nas áreas experimentais do CTC - Comigo e UniRV, durante a condução dos ensaios de sorgo na safrinha 2017.....	25
FIGURA 5	Representação gráfica da equação de regressão para a característica de altura de plantas em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.....	27
FIGURA 6	Representação gráfica das equações de regressão para a característica de diâmetro de colmo em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.....	29
FIGURA 7	Representação gráfica de equações de regressão para a característica do número de perfilhos em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.....	30
FIGURA 8	Representação gráfica de equações de regressão para as características de comprimento de panículas (A), peso de panículas (B) e peso de mil grãos (C) em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.....	31

FIGURA 9	Representação gráfica de equação de regressão para a característica de produtividade de grãos de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.....	32
FIGURA 10	Representação gráfica da análise financeira.....	35

RESUMO GERAL

ROCHA, A. G. C. Adensamento de plantas na cultura do sorgo granífero. 2017. 48f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) Universidade de Rio Verde, Rio Verde, GO, 2017.

O sorgo caracteriza-se por ser uma planta resistente às adversidades edafoclimáticas sendo cultivado, principalmente, no período de safrinha. Alguns fatores de produção como o atraso do período chuvoso, custo de implantação e condução da lavoura, o torna, por vezes, tão quanto ou mais atrativo que o cultivo de milho. Entretanto, a melhor distribuição de plantas em uma área de cultivo pode resultar em acréscimo de produtividade de grãos, em face ao melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes. Sendo assim, a execução deste trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico do sorgo, em diferentes arranjos espaciais de plantas. Para tanto, foi conduzido um experimento no qual cultivou-se, separadamente, dois materiais de sorgo (Dow 1G244 e Dow 1G100) em duas áreas de cultivo: Centro Tecnológico Comigo e Campo experimental da Universidade de Rio Verde. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 4, com cinco repetições. O primeiro fator por dois espaçamentos entre linhas de semeadura (tradicional e adensado: 0,50 e 0,25 m, respectivamente). O segundo fator foi composto por quatro densidades de plantas: 120; 180 (recomendada); 240 e 300 mil plantas ha⁻¹ para ambos os cultivares. Durante a colheita foram avaliadas características morfológicas, componentes do rendimento e a produtividade de grãos. Os dados obtidos foram submetidos inicialmente a uma análise de variância individual. Posteriormente, foi realizada a análise de variância conjunta envolvendo as duas localidades de cultivo. Independentemente, dos locais de instalação dos ensaios, bem como dos materiais cultivados, os espaçamentos entre linhas de semeadura interferiram, com menor intensidade nas características avaliadas, com destaque para a altura de plantas. O oposto ocorreu com as diferentes densidades de plantas. Relacionado ao arranjo espacial, conclui-se que, para o cultivo de sorgo, somente o fator acréscimo de plantas na área, reflete no aumento de produtividade.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, espaçamento entre linhas de semeadura, densidade de plantas.

ABSTRACT

ROCHA, A. G. C. Density of plants in grain sorghum crop. 2017. 48p. Dissertation (Master's degree in plant production) University of Rio Verde, Rio Verde, GO, 2017.

Sorghum is characterized for being resistant to the edaphoclimatic adversities. It is mainly cultivated in the period of second harvest. Some factors of production, such as rainy season delay, cost of planting and management of the crop, sometimes make it as much or more attractive than corn cultivation. However, better distribution of plants in a growing area may result in increased grain yields, given the better use of water, light and nutrients. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of sorghum in different spatial arrangements of plants. An experiment was carried out in which two sorghum materials (Dow 1G244 and Dow 1G100) were grown separately in two cultivation areas: Comigo Technological Center and Experimental Field of the University of Rio Verde. A randomized complete block design was used in a 2 x 4 factorial arrangement, repeated five times. The first factor was constituted by two spatial arrangements between sowing rows (traditional and denser: 0.50 m and 0.25 m, respectively). The second one was composed by four plant densities: 120; 180 (recommended); 240 and 300 thousand plants ha⁻¹ for both cultivars. During the harvest, morphological characteristics, yield components and grain yield were evaluated. The data were initially submitted to an analysis of individual variance. Subsequently, a joint analysis of variance involving the two cultivation sites was carried out. Independently of the test sites, as well as of the cultivated materials, the spacings between sowing rows interfered with lower intensity in the characteristics evaluated, especially on plant height. The opposite occurred with the different densities of plants. In relation to spatial arrangement, it can be concluded that for sorghum cultivation only the increased number of plants in the area reflects an increase of productivity.

Key words: *Sorghum bicolor*, spacing between sowing rows, plant density.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Devido à alta demanda por grãos, para o consumo humano e animal, produtores têm procurado alternativas, para explorar de maneira eficaz, espécies vegetais a serem cultivadas em suas propriedades. O sorgo (*Sorghum bicolor L.*) pertence à família das gramíneas sendo o quinto cereal mais produzido do mundo. No Brasil, o seu cultivo, concentra-se principalmente, no Sudeste e Centro-Oeste, na região do bioma Cerrado. Nos últimos anos a cultura apresentou expressiva expansão no País, chegando a ser colhido na safra 2016/2017, uma área de 626,5 mil hectares, com produção de grãos de 1,845 milhões toneladas (CONAB, 2017).

O aumento do cultivo de sorgo pode ser explicado, principalmente, pelo alto potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura, que apresenta capacidade de suportar estresses ambientais, que o torna opção para o cultivo em segunda safra. Essa prática deve-se às suas características genótípicas, que lhe conferem a capacidade de se adaptar aos diversos ambientes, somados à elasticidade de sua época de semeadura que, normalmente, inicia-se a partir de meados de fevereiro, período que se destaca, pelas limitações pluviométricas.

Dentre as práticas culturais, para a maximização de produtividade, destacam-se os arranjos espaciais de plantas, que influenciam na arquitetura, desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas. Portanto, fatores como condições edafoclimáticas, fertilidade do solo e materiais de arquitetura moderna, são aproveitados em razão da distribuição de plantas, dentro da área de cultivo.

Em outras culturas, estudos referentes ao arranjo de plantas já estão avançados se comparados ao sorgo. Há relatos de trabalhos de pesquisa, em que o adensamento das linhas de semeadura e altas densidades de plantas, em culturas como, soja, feijoeiro e algodoeiro, têm apresentado incremento de produtividade. Sendo assim, é interessante conhecer o comportamento da cultura do sorgo, com a utilização da referida técnica, visto que no mercado, há numerosa quantidade de materiais, com arquitetura moderna, que, geralmente apresentam porte menor, folhas mais eretas, alta resistência de colmo e ciclos precoces, o que possibilita o adensamento de plantas.

A execução do presente trabalho teve como objetivo, avaliar o desempenho agrônômico do sorgo cultivado, em diferentes arranjos espaciais, de plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica do sorgo no mundo e no Brasil

O sorgo é uma planta originária da África Tropical, Etiópia e Sudão, que foi introduzido no hemisfério ocidental, no século XVI. O grão é o alimento básico da população de vários países da África e Ásia. É conhecido por sua capacidade de sobreviver em condições de déficit hídrico e produzir ainda que ocorram longos períodos de estiagem (Pitombeira, 2001).

Os grãos de sorgo estão presentes na base alimentar de mais de 500 milhões de pessoas em 30 países e é o quinto alimento de maior consumo no mundo, ficando atrás somente; do arroz, trigo, milho e cevada, que o superam em termos de produção. Pode substituir, parcialmente, o milho na produção de rações para aves e suínos e, totalmente para ruminantes, com vantagem comparativa de menor custo de produção e valor de comercialização, bem como, ser substituto de outros cereais que também, são usados na fabricação das rações e alimentação humana tais como; o trigo e o farelo de arroz. (Duarte, 2012).

Há relato de projeção para a safra 2017/18, de uma produção mundial de sorgo superior a 60 milhões de toneladas. Os Estados Unidos é o maior produtor do mundo, com uma produção de aproximadamente 11 milhões de toneladas, sendo o maior exportador e o quarto maior consumidor dessa cultura. Nigéria e Índia destacam-se como segundo e terceiro maiores produtores mundiais, respectivamente (USDA, 2017).

A área cultivada de sorgo no Brasil está estimada em 626,5 mil hectares, com uma produção de grãos de 1,845 milhões toneladas e produtividade média de 2,97 toneladas ha⁻¹. O Estado de Goiás lidera a produção nacional com 851,5 mil toneladas. Em segundo lugar com 499,7 mil toneladas está Minas Gerais, e em terceiro, Mato Grosso com 291,5 mil toneladas (CONAB, 2017).

É estrategicamente interessante para o País ter uma área ocupada com sorgo, para a garantia do fornecimento de grãos, sendo que alguns apresentam déficit na produção, por apresentarem condições desfavoráveis, devido à tolerância ao déficit hídrico reduzindo o impacto sobre o abastecimento dos mesmos. (Botelho, et al., 2010).

2.2 Classificação botânica do sorgo

O sorgo é uma planta da família Poaceae, do gênero *Sorghum*, e da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench. Gera como primeiro produto da fotossíntese um composto, com 4 carbonos, que o classifica-se no grupo de plantas C4, proporcionando um metabolismo mais eficiente. Assim, a diminuição da perda de água devido a regulação da abertura dos estômatos, possibilitando maior tolerância a elevados níveis de radiação solar respondendo, com altas taxas fotossintéticas (Cunha; Filho 2010).

Segundo Diniz (2010), o sorgo pode atingir a altura de um a quatro metros, e capacidade de perfilhamento. Ao longo do seu colmo há a presença de nós e entrenós, compostos por folhas. Seu sistema radicular é formado por raízes, que possuem sílica na endoderme, alta quantidade de pelos que promovem a absorção de água e elevados índices de lignificação no periciclo.

É uma gramínea anual, autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada (Rodrigues et al., 2009), apresentando como inflorescência, uma panícula com fruto do tipo cariopse, com uma espiga séssil, fértil, acompanhada por duas espiguetas estéreis pedunculadas, que caracterizam o gênero *Sorghum* (Diniz, 2010). Por ser de origem tropical, a temperatura adequada para o crescimento do sorgo está entre 16 e 38°C. Temperaturas acima de 38°C e abaixo de 16°C, acarretam na redução de produtividade (Magalhães; Durães, 2003).

Uma das grandes vantagens que o sorgo possui é a flexibilidade de adaptações a vários ambientes, como a sua tolerância a estresse hídrico, sobressaindo a outros cereais, especialmente, ao milho. Dessa forma tem apresentado resultados satisfatórios, em relação ao milho cultivado, em safrinha (Von Pinho et al., 2007).

2.3 Arranjos espaciais de plantas

Arranjos de plantas são as várias alternativas de combinações de espaçamentos e densidades de plantas, ou seja, é a forma como essas estão distribuídas na área de cultivo. O melhor arranjo de plantas é aquele que possibilita melhor utilização da luz, água e nutrientes, através de uma distribuição mais uniforme das plantas na área de semeadura (Assis et al., 2014). As determinações da melhor densidade e espaçamentos entre linhas de semeadura para diversas situações de manejo da cultura, entre outros fatores, são primordiais, para otimizarem a produtividade (Berenguer; Faci, 2001; Hammer; Broad, 2003).

Produtores vêm diminuindo o espaçamento entre as linhas, na semeadura das culturas, como estratégia para a redução dos custos de produção, reduzindo o número de aplicações de herbicidas, a fim de permitir a eficiência cultural, no processo de competição com as plantas daninhas. Entretanto, reduzir o espaçamento entre linhas, sem o devido ajuste da densidade de plantas na linha, contribuirá para a competição intraespecífica. Por outro lado, na cultura da soja, por exemplo, ocorrerá o aumento das perdas na colheita, reduzindo a produtividade, se o ajuste da densidade resultar, em poucas plantas por metro, em que as cultivares terão menor crescimento em altura e mais ramificações (Heiffig et al., 2006).

Trabalhos com a redução de espaçamento entre linhas e maiores densidades de plantas têm sido estudados, em diversas culturas. Com o melhoramento genético e posterior lançamento de cultivares de sorgo, cada vez mais produtivos, gera a necessidade de avaliá-los em diferentes distribuições espaciais.

No que se refere a cultura do milho, as características morfológicas dos novos materiais, possibilitam a adoção de menor espaçamento entre plantas na linha e, conseqüentemente, maior densidade destas (Sangoi, 2000). No entanto, cultivares de sorgo possuem características morfológicas semelhantes ao milho, requerendo normalmente, maior densidade de plantas para a maximização do rendimento de grãos. Assim, informações para identificar o melhor arranjo de plantas sobre a cultura do sorgo são essenciais, visto que existem poucas informações no Brasil (Albuquerque et al., 2010).

2.4 Espaçamento entre linhas de semeadura

Na última década, a redução do espaçamento entre linhas tem sido amplamente utilizada, principalmente, na safrinha. Essa redução promove a distribuição mais equidistante de plantas, podendo aumentar a eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa, água e nutrientes, incrementando a produtividade (Paszkiwicz, 1996).

Segundo Rambo et al. (2004), a redução do espaçamento entre linhas, em uma mesma população, distribui melhor as plantas na área. Dessa forma, reduz-se a competição intraespecífica, pela melhor distância entre as plantas dentro da mesma linha e com as plantas de outras linhas. Com espaçamentos maiores entre linhas de semeaduras, em mesma população de plantas, ocorre sombreamento promovendo uma maior competição entre as mesmas, sendo que estas estão mais próximas entre si, diferente do sistema de espaçamento estreito.

A semeadura em espaçamentos maiores entre linhas (0,90 a 0,70 m) era comum em diversas culturas como; soja, milho e sorgo (Meira et al., 1977). Entretanto, estudos nas últimas décadas, demonstraram incremento de produtividade com semeaduras realizadas, em espaçamentos reduzidos, para as culturas mencionadas (Demétrio et al., 2008; Balbinot et al., 2015), se comparadas ao espaçamento convencional de 0,50 m, sendo mais o difundido, no Brasil.

2.5 Densidade de semeadura

O fator densidade de semeadura corresponde, ao número de sementes depositadas, por metro de sulco de plantio. Isso interfere na competição inter e intraespecífica de plantas por recursos do solo, especialmente água e nutrientes, além de provocar mudanças morfofisiológicas (Argenta et al., 2001).

De acordo com Baumhardt e Howell (2006), a determinação da densidade de semeadura do sorgo altera-se em função do ciclo da cultivar e das condições de umidade prevalentes, na área. As menores densidades de semeadura podem proporcionar maior eficiência na absorção de água e nutrientes, devido à menor competição das plantas, nas linhas de semeadura (Rosolem et al., 1993; Pholsen; Suksri, 2007).

A população de plantas pode influenciar na produção de grãos e de massa verde e seca. Contudo, o sorgo pode compensar até certo ponto, a redução na densidade de plantas, com a emissão de perfilhos. Mas, muitas vezes, é difícil para o produtor identificar a partir de quando o comprometimento da produção ocorre, por falta de informações, sobre a relação entre a redução da população de plantas e os rendimentos (Silva, 2002).

A produção por planta decresce quando são elevadas a densidade de plantas na linha e o espaçamento, entre linhas. Isto ocorre em razão da maior competição, entre plantas, dentro de uma mesma fileira, resultando em tendência a uma menor produção, por unidade de área (Câmara, 1998). Como relatado por outros autores, o aumento da densidade de plantas de cereais como milho e sorgo em espaçamentos menores tem proporcionado incrementos de produtividades em diversas culturas. Portanto, informações para identificar as melhores densidades de plantas sobre os novos materiais de sorgo são necessárias. Assim é fundamental evitar a operação de remanejar os implementos agrícolas para adequarem-se aos arranjos tradicionais ao sorgo semeado na safrinha, em relação aos novos espaçamentos empregados, a outras culturas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PARRELA, R. A. C.; TARDIN, F. D.; BRANT, R. S.; SIMÕES, D. A.; FONSECA JR., W. B.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais e Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.1, p. 69-85, 2012

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

ASSIS, R. T.; ZINELI, V. P.; SILVA, R. E.; COSTA, W. C. A.; OLIVATO, I. **Arranjo espacial de plantas na cultura da soja**. Araxá: ISAH, 2014, p. 7 (ISAH. Circular Técnica, 04).

BALBINOT, A., DE, S., COSTA, J., KOSINSKI, C., PANISON, F., DEBIASI, H. Y FRANCHINI, J. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 36, n. 5, p. 2977-2986, 2015.

BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 3, p. 462-470, 2006.

BERENGUER, M. J.; FACI, J. M.; Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 43-55, 2001.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. de A.; SALES, E. C. J. de; ROCHA JÚNIOR, V. R.; JAYME, D. G.; REIS, S. T. dos. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 287-297, 2010.

CÂMARA, G. M. S. **Desempenho produtivo dos cultivares de soja IAC-17, IAC-12 e IAC- 19, semeados em três épocas de semeadura e em cinco densidades de plantas. Piracicaba. 1998**. 165 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2017. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2016/2017**– 1º levantamento. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_10_16_16_34_39_graos_outubro_2017.pdf. Acesso em 15 nov. 2017.

CUNHA, S.P; FILHO, W. A. S. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Tecnológica**, Santa Cruz do Sul/RS, v. 14, n. 2, p. 69-75, 2010.

DEMÉTRIO, C, S.; FORNASIERE FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 1691-1697, 2008.

DINIZ, G. M. M. **Produção de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Aspectos Gerais. Recife**. 2010. p. 6-14. Tese (Livres docência) -Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Mestrado em melhoramento genético de plantas.

DUARTE, J. O. Mercado e Comercialização. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

HAMMER, G. L.; BROAD, I. J.; Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 1, p. 199-206, 2003.

HEIFFIG, L. S.; CAMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 87).

MEIRA, J. L.; AZEVEDO, J. T.; SILVA, J.; SCHAFFERT, R. E.; MURAD, A. M.; CARVALHO, L. J. C. B. **Espaçamento e densidade do sorgo granífero**. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 72/73/74/75. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977. p. 105-121.

PASZKIEWICZ, S. **Narrow row spacing influence on com yield**. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 51., 1996, Chicago. Chicago: IL, 1996. p.130–138.

PHOLSEN, S.; SUKSRI, A. Effects of phosphorus and potassium on growth, yield and fodder quality of IS 23585 forage sorghum cultivar (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, n. 10, p. 1604 -1610, 2007.

PITOMBEIRA, J. B. Notas de aula – Grandes culturas (Cultura do Sorgo). 44 p. UFC, Fortaleza, CE, UFC, 2001.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 33-40, 2004.

RODRIGUES, L. R.; GUADAGNIN, J. P.; PORTO, M. P. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul** – Safras 2009/2010 e 2010/2011. Veranópolis: FEPAGRO - Serra, 2009, 179 p.

ROSOLEM, C. A.; KATO, S. M.; MACHADO, J. R.; BICUDO, S. J. Nitrogen redistribution to sorghum grains as affected by plant competition. **Plant and Soil**, The Hague, v. 155/156, n. 1, p. 199-202, 1993.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, jan./fev. 2000.

SILVA, P. C. S.; LOVATO, C.; LÚCIO, A. D. C. Reduções iniciais de populações em três híbridos de milho e sua relação com variáveis componentes do rendimento de grãos. **Revista Faculdade de Zootecnia Veterinária Agronomia**. Uruguaiana. v. 9, n. 1, p. 113-120, 2002.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURA. **Foreign Agricultural Service** in: **Analysis of Grain Sorghum Data**. Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso 15 nov. 2017.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

CAPÍTULO 1

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO SORGO CULTIVADO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS

RESUMO

Uma das alternativas para elevar a produtividade de sorgo granífero é obter o melhor arranjo espacial de plantas para o seu desenvolvimento. A execução deste trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agronômico do sorgo em diferentes arranjos espaciais de plantas. Assim realizou-se um ensaio, o qual foi repetido em duas localidades no município de Rio Verde, em que se utilizou o delineamento experimental em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 4, com cinco repetições. O primeiro fator, constituído por dois espaçamentos entre linhas de semeadura (tradicional e adensado: 0,50 m e 0,25 m, respectivamente). O segundo, composto por quatro densidades de plantas: 120; 180 (recomendada); 240 e 300 mil plantas ha⁻¹, em que utilizou-se o híbrido Dow 1G244. Na colheita, avaliou-se as características morfológicas, componentes do rendimento e produtividade de grãos. Deste modo, também, realizou-se a análise e variância para cada ensaio e posteriormente, uma análise conjunta envolvendo, ambos os experimentos. Os espaçamentos entre linhas não influenciaram nas características avaliadas a exceção da altura de plantas. O acréscimo da densidade de plantas proporcionou um incremento de produtividade ao sorgo.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, espaçamento entre linhas de semeadura, densidade de plantas, produtividade de grãos.

CHAPTER 1

AGRONOMIC PERFORMANCE OF SORGHUM CULTIVATED IN DIFFERENT SPATIAL ARRANGEMENTS

ABSTRACT

One of the alternatives to increase grain sorghum productivity is to have the best spatial arrangement of plants for its development. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of sorghum in different spatial arrangements of plants. An experiment was carried out, and it was repeated in two locations in the municipality of Rio Verde, where a randomized block design was used in a 2 x 4 factorial arrangement, repeated five times. The first factor was constituted by two spacings between sowing lines (traditional and denser: 0.50 m and 0.25 m, respectively). The second one composed by four plant densities: 120; 180 (recommended); 240; and 300 thousand plants ha⁻¹, in which the hybrid Dow 1G244 was used. At harvest, morphological characteristics, yield components and grain yield were evaluated. Variance analysis was carried out for each trial and, subsequently, joint analysis involving both experiments. The spacings between rows did not influence the characteristics evaluated, except for height of plants. The increase of density of plants provides increase of productivity to the sorghum.

1 INTRODUÇÃO

O Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é o quinto cereal mais produzido no mundo. Devido à sua capacidade de resistir a períodos de déficit hídrico, apresentando estabilidade de produção e rentabilidade, promovendo sustentabilidade à agricultura. Tem sido uma opção interessante de cultivo em regiões de baixa pluviosidade e em períodos de “safrinha” após a colheita de culturas tradicionais como a soja no Brasil (Carvalho Júnior et al., 2011). Porém, observada a época de cultivo, o País apresenta baixa produtividade do grão devido à fertilidade do solo somada a insuficientes aplicações de fertilizantes, precipitações irregulares e manejo da densidade de plantas impróprio na semeadura (Hammer; Broad, 2003).

A necessidade de aumentar a produção de cereais é inquestionável, visto a demanda crescente por alimento e para isso é fundamental otimizar o espaço de cultivo. Para tal, o manejo do arranjo espacial de plantas é usado como estratégia para elevar a produtividade, embora, o sucesso dessa técnica, seja influenciado pelas adversidades ambientais e econômicas. Assim, arranjos de plantas são as várias alternativas de combinações de espaçamentos entre linhas e densidades de semeaduras, ou seja, é a forma como essas estão distribuídas na área.

Segundo Dourado Neto et al. (2003), o arranjo de plantas proporciona maior distribuição, ocasionando uniformidade de plantas por área, o que possibilita a melhor utilização de luz, água e nutrientes, otimizando a produção. Todavia, a manipulação dessa estratégia requer cuidado, pois a população de plantas está diretamente ligada a ganhos de produtividade e sua variação equivocada pode prejudicar os componentes do rendimento (Flesch; Vieira, 2004).

Avaliar novos cultivares de sorgo em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas se faz necessário, pois esses genótipos disponíveis no mercado possuem arquitetura moderna, que se traduz em porte mais baixo e são mais produtivos, o que favorece adoção de um arranjo de plantas que permite distribuí-las na área de forma mais equidistante. Assim, é possível aumentar a densidade de plantas e reduzir o espaçamento entre linhas de semeadura, elevando a produtividade da cultura, como relatado por Albuquerque (2010), em que o sorgo granífero, DKB 599 semeado em densidades de plantas superiores a 100 mil plantas ha⁻¹ e espaçamentos inferiores a 0,50 m, proporciona aumento da produtividade de grãos.

Devido às poucas informações sobre a melhor distribuição de plantas para a cultura do sorgo, a execução deste trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes arranjos espaciais de plantas no desempenho agrônômico dessa cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safrinha de 2017, repetidamente, em dois locais: Centro Tecnológico Comigo (CTC) e Campo experimental da Universidade de Rio Verde (UniRV), de coordenadas latitude 17°45'59.20"S, longitude 51° 2'15.01"O, com altitude 837 m e latitude 17°47'5" S, longitude 50°57'53" O, com altitude 756 m, respectivamente. As áreas do experimento encontravam-se em sistema de plantio direto sob palhada de soja e solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa 2013), que apresentaram atributos químicos de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo na profundidade de 0 - 0,20 m, amostrado antes da instalação dos ensaios, nas áreas do CTC - Comigo e da UniRV na safrinha 2017

PH	MO	*P	K	H+Al	Ca	Mg	T	V	Textura		
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³				%	Argila	Silte	Areia
CTC (Comigo)											
5,7	14	7,6	65	2,0	1,76	0,53	4,4	55	28	7	65
UniRV											
4,6	16,4	1,87	127	3,7	2,34	0,65	7,02	47,2	60	23	17

*Mehlich

Dados da precipitação pluviométrica e temperatura média do ar, durante a execução do experimento, estão apresentados na Figura 1.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, repetido por cinco vezes, em arranjo fatorial 2 x 4, em que o primeiro fator foi constituído por dois espaçamentos entre linhas de semeadura (tradicional e adensado: 0,50 e 0,25 m, respectivamente). O segundo fator, por quatro densidades de plantas: 120; 180 (recomendada); 240 e 300 mil plantas ha⁻¹. As parcelas foram dimensionadas em 5 m de comprimento por 2 m de largura, totalizando uma área de 10 m². A área útil derivou-se do descarte de 0,50 m de cada

extremidade (bordadura) da parcela, utilizando 2 e 4 linhas centrais de semeadura, observados os respectivos espaçamentos de 0,5 e 0,25 m totalizando 4 m².

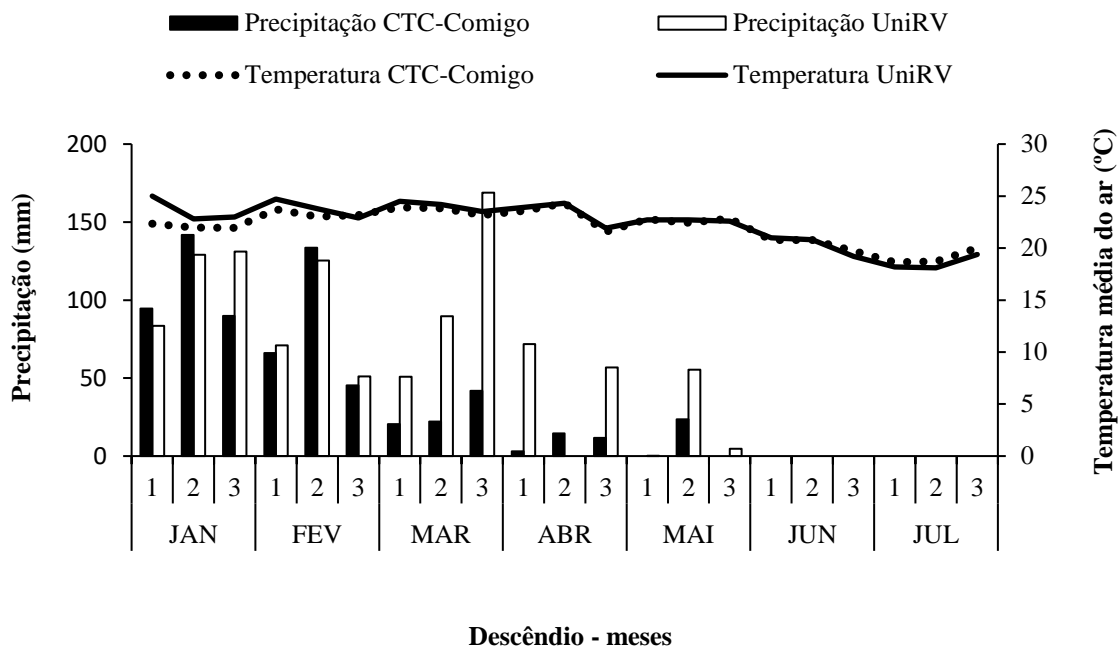


Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar, ocorrida nas áreas experimentais do CTC - Comigo e UniRV, durante a condução dos ensaios de sorgo na safrinha 2017.

A cultivar utilizada foi o granífero Dow 1G244, previamente tratada, que apresenta alta produtividade e estabilidade nos ambientes de safrinha, precocidade, (ciclo de 120 dias), porte baixo (1,20 m altura) e colmo resistente, o que diminui o acamamento quando há variação da população de plantas, de acordo com a empresa detentora (Dow Agrociense, 2017).

Antes da instalação do experimento realizou-se a dessecação das plantas daninhas, nas áreas, utilizando-se 3,0 L p.c. ha⁻¹ do herbicida glifosato (1440 g e.a.¹ ha⁻¹) e 0,8 L p.c. ha⁻¹ de 2,4-D (536 g e.a. ha⁻¹).

As semeaduras foram realizadas no mês de fevereiro, no dia 20, no CTC e 26, na UniRV, em 2017. A distribuição de sementes foi realizada por semeadora de fluxo contínuo montada no sistema hidráulico de 3 pontos do trator, composta por 7 discos duplos excêntricos, sendo regulada para distribuir 400 mil sementes ha⁻¹ em ambos os espaçamentos. Na ocasião, foi distribuído em sulco de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

¹Equivalente ácido

Dez dias após a emergência, efetuou-se o desbaste manual, para ajustar as populações de plantas desejadas em cada tratamento. Cinco dias após, efetuou-se a adubação de cobertura, em que foram aplicados manualmente, 80 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, a lanço. Adubação essa, recomendada para uma produtividade estimada em 8.000 kg ha⁻¹ (Alves et al., 1999). Vinte dias após a emergência das plantas realizou-se a aplicação de 4,0 L ha⁻¹ (2000 g i.a.² ha⁻¹) de atrazina, para o controle de plantas infestantes.

O manejo de pragas foi realizado conforme a necessidade técnica da cultura. Durante o estágio reprodutivo foi necessária à cobertura das panículas da área útil, das parcelas, com sacos de papel Kraft, para a proteção, contra o ataque de pássaros.

A colheita no CTC Comigo foi realizada em 07 de julho de 2017 e na UniRV, em 09 de julho de 2017, com utilização de cutelo. Na oportunidade, avaliou-se na área útil das parcelas, em dez plantas contínuas, a altura de plantas, realizada com o uso de uma trena medindo do solo, até a parte superior da panícula, diâmetro do colmo, com a utilização de paquímetro posicionado entre o primeiro e o segundo nó do colmo em relação ao solo, perfilhamento, comprimento de panícula e peso de panícula. Na área útil avaliou-se o peso de 1000 grãos (pesagem de mil grãos com correção da umidade para 13%); e produtividade de grãos com a debulha das panículas e posterior pesagem dos grãos, com correção da umidade para 13%.

Após a obtenção dos dados, efetuou-se a análise de variância individual para cada local. Em seguida, foram realizados os testes de homogeneidade das variâncias residuais. Posteriormente, constatada a homogeneidade das variâncias, realizou-se a análise conjunta envolvendo os dois experimentos. Foi empregada a análise de regressão, em função das diferentes densidades de plantas, utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A semeadura em diferentes locais interferiu parcialmente, nas características morfológicas avaliadas, componentes do rendimento e produtividade, uma vez que o espaçamento entre linhas de semeadura influenciou apenas na altura de plantas. Houve efeito da população de plantas, para todas as características avaliadas, o que praticamente não ocorreu, para as interações, entre as fontes de variação (Tabela 2).

² Ingrediente ativo

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para as características de altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), perfilhamento (PF), comprimento de panículas (CP), peso de panículas (PP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG) de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safreinha 2016/2017

FV	GL	QM						
		AP	DC	PF	CP	PP	PMG	PG
BLOCO (LOCAL)	8	0,0009	0,015	0,219	3,91	90,21	6,62	843433
LOCAL	1	0,3713**	1,764**	0,613 ^{ns}	2,92 ^{ns}	849,56*	2,35 ^{ns}	48871369**
ESPAÇAMENTO	1	0,0202**	0,030 ^{ns}	0,013 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,29 ^{ns}	7527 ^{ns}
POPULAÇÃO	3	0,0166**	0,751**	2,479**	35,92**	2837,22**	14,42**	13466103**
LOC*ESP	1	0,0118**	0,046 ^{ns}	0,113 ^{ns}	7,36 ^{ns}	368,34 ^{ns}	5,69 ^{ns}	514417 ^{ns}
LOC*POP	3	0,0015 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,479 ^{ns}	0,64 ^{ns}	25,51 ^{ns}	2,13 ^{ns}	183625 ^{ns}
ESP*POP	3	0,0005 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,83 ^{ns}	46,51 ^{ns}	1,38 ^{ns}	174940 ^{ns}
ENS*ESP*POP	3	0,0005 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,646 ^{ns}	0,18 ^{ns}	70,58 ^{ns}	1,01 ^{ns}	288207 ^{ns}
Erro	56	0,0006	0,029	0,440	2,37	212,42	2,06	549467
CV (%)		2,05	10,47	136,09	5,45	23,71	7,33	11,60

** , * , ^{ns} significativo a 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Referente às características morfológicas, à altura de plantas foi a mais influenciada pelo efeito das fontes de variação. Quanto ao local de cultivo, as plantas do CTC Comigo foram superiores em tamanho, provavelmente, devido aos maiores teores de fósforo (Tabela 1), comparado à área experimental da UniRV, uma vez que para este local houve menor precipitação pluviométrica (Tabela 3). Isso reforça os relatos sobre o comportamento do sorgo frente a restrição hídrica. Além disso, plantas oriundas do maior espaçamento entre linhas de semeadura (0,50 m) foram superiores em 3 cm de altura, isto explica-se pela maior competição por luz relacionada, ao adensamento de plantas, em linhas de semeadura.

No que se refere às populações, a altura de plantas teve comportamento linear com o incremento dessas, independentemente, do espaçamento entre linhas e local de semeadura utilizados. Houve um aumento de 6 % entre a menor população de 120 mil plantas ha⁻¹ a maior população de 300 mil plantas ha⁻¹. Provavelmente, isso ocorreu devido à competição entre plantas de mesma linha, por luz, induzindo ao maior crescimento como explicado anteriormente (Figura 2A). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Albuquerque et al., (2010), que avaliando espaçamentos entre linhas de 25, 50 e 75 cm, constatou acréscimos significativos a alturas de plantas, nos maiores espaçamentos, em sorgo granífero.

Tabela 3 - Valores médios de características de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.

Espaço ente linhas (m)	Características do sorgo*										Média geral
	CTC Comigo					UniRV					
	Populações de plantas por hectare (x 1000)										
	120	180	240	300	Média	120	180	240	300	Média	
Altura de plantas (m)											
0,25	1,20	1,23	1,24	1,27	1,24 A	1,10	1,12	1,14	1,14	1,12 B	1,18 b
0,50	1,23	1,30	1,31	1,33	1,29 A	1,10	1,13	1,14	1,15	1,13 B	1,21 a
Média	1,21	1,26	1,28	1,30		1,09	1,12	1,14	1,15		
Diâmetro de colmo (cm)											
0,25	2,09	2,01	1,70	1,55	1,83	1,71	1,52	1,43	1,30	1,49	1,62 a
0,50	2,00	1,79	1,73	1,46	1,75	1,69	1,50	1,47	1,34	1,50	1,66 a
Média	2,05	1,90	1,72	1,51		1,30	1,51	1,45	1,32		
Perfilhamento											
0,25	1,60	0,40	0,20	0,20	0,60	0,40	0,40	0,40	0,20	0,35	0,47 a
0,50	1,00	0,40	0,40	0,40	0,55	1,00	0,40	0,40	0,00	0,45	0,50 a
Média	1,30	0,40	0,30	0,30		0,70	0,40	0,40	0,10		
Comprimento de panícula (cm)											
0,25	29,36	28,28	27,48	26,31	27,86	29,91	29,48	28,76	27,24	28,85	28,35 a
0,50	30,36	28,30	27,39	26,32	28,16	29,52	28,38	27,72	26,52	27,95	28,06 a
Média	29,86	28,9	27,60	26,32		29,72	28,93	28,07	26,88		
Peso de panícula (g)											
0,25	77,75	65,11	59,85	47,83	62,64	77,28	63,29	52,81	48,25	60,41	61,52 a
0,50	85,06	62,68	60,05	59,46	66,81	70,40	58,24	51,43	43,97	56,00	61,41 a
Média	81,40	63,89	59,95	53,65		73,84	60,76	52,12	46,11		
Peso de mil grãos (g)											
0,25	20,73	19,07	18,95	18,62	19,34	21,18	19,55	19,34	18,06	19,53	19,44a
0,50	20,28	20,18	20,03	20,01	20,13	20,90	18,86	18,75	18,50	19,25	19,69 a
Média	20,51	19,62	19,49	19,32		21,04	19,21	19,04	19,28		
Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)											
0,25	5860	6926	7606	7920	7079	4622	5219	6276	6589	5677	6378 a
0,50	6101	6974	7793	8168	7259	4774	5507	5775	6086	5536	6397 a
Média	5984	6950	7699	8044	7169 A	4698	5363	6025	6338	5606 B	

Médias seguidas por mesma letra maiúscula entre local e minúscula entre espaçamento, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com o aumento da população, a característica de diâmetro do colmo comportou-se inversamente à altura de plantas, reduzindo de forma linear seu diâmetro (Figura 2B). Certamente, isso ocorreu devido às altas densidades de plantas interferirem, na qualidade da luz que atinge as folhas do baixeiro, aumentando a quantidade de vermelho extremo (VE) e diminuindo a quantidade de vermelho (V) (Rajcan; Swanton, 2001), o que aumenta a relação VE/V, alterando diversas características morfológicas, estimulando a dominância apical e a alongação de entrenós e consequentemente, reduzindo o diâmetro de colmo (Ballaré; Cassal, 2000) e o número de perfilhos (Figura 2C).

O perfilhamento é influenciado pela incidência de luz, que atinge o colo da planta, que em densidades menores, recebe maior luminosidade, resultando na alteração hormonal, estimulando, a emissão de perfilhos, pela planta principal devido a sua maior disponibilidade de fotoassimilados, de reserva (Magalhães et al., 2003). De forma semelhante, resultados encontrados por Baumhardt e Howell (2006), demonstraram que as interações entre os menores espaçamentos e maiores densidades, proporcionaram menor perfilhamento do sorgo. No presente estudo, somente as populações influenciaram no número de perfilhos de plantas.

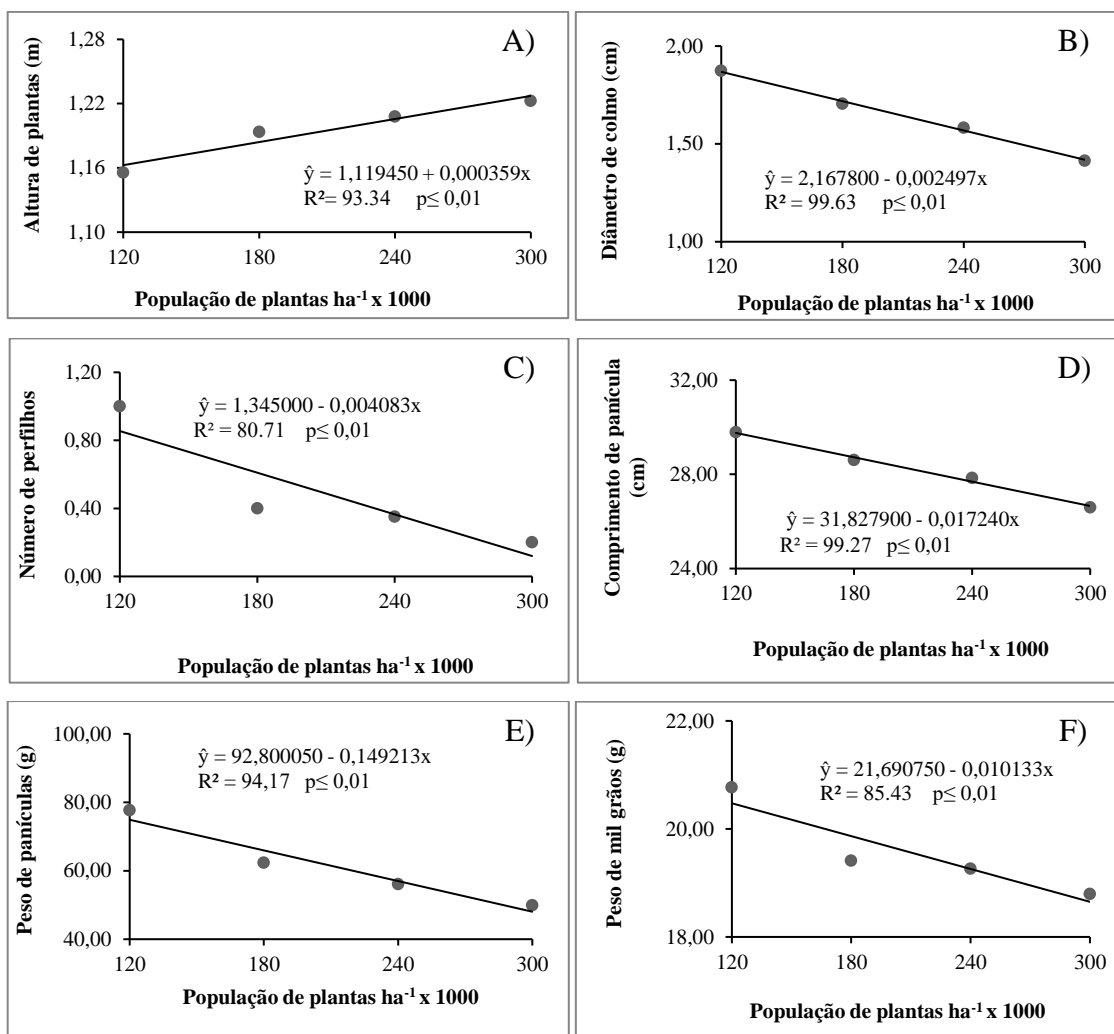


Figura 2 - Representação gráfica para equações de regressão referentes as características de altura de plantas (A), diâmetro do colmo (B), número de perfilhos (C), comprimento de panículas (D), peso de panícula (E), peso de mil grãos (F), em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safinha 2017.

O acréscimo de plantas por ha⁻¹ afetou os componentes de rendimento, promovendo um comportamento linear decrescente (Figura 2. D, E, F). Para o comprimento de panículas, houve redução média de 3,2 cm, entre as populações de 120 mil e 300 mil plantas ha⁻¹ em ambos os locais de cultivo. Referente ao peso de panículas e de mil grãos houve diminuição de 0,01 gramas para cada mil plantas adicionadas ha⁻¹ para ambas as características avaliadas. A redução dessas características é explicada, possivelmente, pela competição entre plantas, por nutrientes no solo, e menor luminosidade nas folhas do baixeiro, reduzindo a produção e partição de fotoassimilados para os drenos reprodutivos das plantas.

A redução dos componentes é afetada pelo déficit hídrico, que promove o fechamento estomático reduzindo a produção de fotoassimilados (Magalhães et al., 2012). Esse relato não

pode ser atribuído ao presente estudo, visto a precipitação pluviométrica, porém as altas densidades provocaram o mesmo efeito devido à competição.

A produtividade foi influenciada pelo incremento da população de plantas e o local de cultivo. Assim, o ensaio conduzido no CTC Comigo comparado à área experimental da UniRV foi superior em 420 kg ha⁻¹, sendo atribuído à fertilidade do solo. Para cada mil plantas adicionadas, por hectare houve incremento de 10,43 kg (Figura 3). O aumento de produção entre a menor e a maior população foi de 1850 kg ha⁻¹.

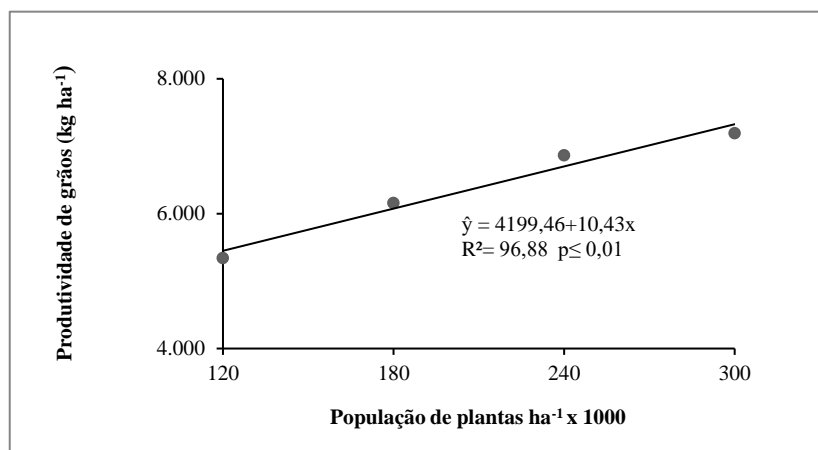


Figura 3 - Representação gráfica para a equação de regressão referente a característica de produtividade de grãos em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.

Albuquerque et al. (2010) encontraram resultados semelhantes ao presente estudo em cultivo de sorgo de sequeiro, nos quais o aumento da população de 100 a 250 mil plantas ha⁻¹ propicia ganhos significativos de produtividade. Provavelmente, isso ocorreu pela presença do maior número de panículas, o que promoveu produtividades superiores a 8.000 kg ha⁻¹ neste estudo.

Esses resultados diferem dos encontrados por Lopes et al. (2005) em que a menor densidade (100 mil plantas ha⁻¹) proporcionou maiores produtividades comparada, com a maior densidade (220 mil plantas ha⁻¹). Provavelmente, essa diferença está associada aos genótipos e aos espaçamentos entre linhas de semeadura utilizados, de 0,80 e 0,50 m, adubação, distribuição de chuvas, dentre outros.

4 CONCLUSÕES

A redução dos espaçamentos entre linhas de semeadura de 0,50 para 0,25 m não interfere nas características agronômicas do sorgo, à exceção da altura de plantas.

Diferentes densidades de plantas, na área de cultivo causam efeito no desempenho agronômico do sorgo.

Maiores densidades de plantas, apesar de reduzirem os valores dos componentes de rendimento, favorecem a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; ROCHA, G. R.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento reduzido para o cultivo do sorgo granífero no sistema irrigado e em sequeiro. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia** v. 3, n. 2, 2010.

ALVES, V. M. C. et al. Sorgo granífero. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 325 - 327.

BALLARÉ, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 149-160, 2000.

BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 3, p. 462-470, 2006.

CARVALHO JÚNIOR, G. A.; TARDIN, F. D.; BERNADINO, K. C.; GODINHO, V. P. C.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação da variabilidade do período de enchimento de grãos em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6., 2011, Búzios. Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil. **Anais... SBMP**, 2011. 1 CD-ROM. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/898947/1/Avaliacaovariabilidade.pdf>

DOURADO NETO, D. PALHARES, M. VIEIRA, P. A. MANFRON, P. A. MEDEIROS, S. L. P. ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DOW AGROCIENSE. **Híbridos de sorgo**. Disponível em http://www.dowagro.com/pt-br/brasil/product_finder/sementes/hibridos-de-sorgo. Acessado em 05/12/2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3º. ed - Embrapa Brasília, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 3º ed. Brasília. 2013, 353p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2004.

HAMMER, G. L.; BROAD, I. J.; Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 1, p. 199-206, 2003.

LOPES, S. J.; S, L.; LÚCIO, A. D. C.; LORENTZ, L. H.; LOVATO, C.; DIAS, V. O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 525-530, 2005.

MAGALHÃES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; VIANA, J. H. M. **Resposta fisiológica do sorgo ao estresse hídrico em casa de vegetação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 21 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

MAGALHÃES, J. A. M.; FAGUNDES, P. R.; FRANCO, D. F. Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado. In: MAGALHÃES, J. A. M.; GOMES, A. S.; ANDRES, A. (Ed.) **Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p. 13-33. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 113).

RAJCAN, I.; SWANTON, C. J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 139-150, 2001.

CAPÍTULO 2

CULTIVO DE SORGO EM DIFERENTES DENSIDADES E ESPAÇAMENTOS DE SEMEADURA

RESUMO

A cultura do sorgo é explorada principalmente, no período de safrinha que se caracteriza por menores precipitações. Portanto, nesse período, a distribuição de plantas na área de cultivo pode influenciar no aproveitamento do ambiente resultando em aumento de produtividade. A execução deste trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes arranjos espaciais de plantas no desempenho agrônômico do sorgo. Nesse sentido, foi realizado um mesmo experimento, repetido em dois locais: Centro Tecnológico Comigo e Universidade de Rio Verde, o qual foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 4, com cinco repetições. O primeiro fator foi fundamentado por dois espaçamentos entre linhas de semeadura de plantas: tradicional e adensado (0,50 m e 0,25 m, respectivamente). O segundo fator foi constituído por quatro densidades de plantas: 120; 180 (recomendada); 240 e 300 mil plantas ha⁻¹, utilizando o híbrido Dow 1G100. Foi realizada análise de variância, para cada ensaio e posteriormente análise conjunta envolvendo ambos os experimentos. Na colheita foram avaliadas características morfológicas, componentes do rendimento e produtividade dos grãos. Houve influência do espaçamento entre linhas, assim como do local de cultivo para a maioria das características avaliadas. A densidade de plantas causou efeito em todas as características avaliadas, sobretudo, houve acréscimo de produtividade, com o aumento de plantas, na área de cultivo.

Palavras-chave: Sorgo granífero, espaçamento entre linhas de semeadura, densidade de plantas de sorgo.

CHAPTER 2

CULTIVATION OF SORGHUM IN DIFFERENT DENSITIES AND SOWING SPACING

ABSTRACT

Sorghum cultivation is mainly carried out in the period of the second harvest, which is characterized by water restriction. Therefore, in this period, the distribution of plants in the area of cultivation can influence the use of the environment, resulting in increased productivity. The objective of this study was to evaluate the effect of different spatial arrangements of plants on agronomic performance of sorghum. The same experiment was carried out in two locations: Comigo Technological Center and University of Rio Verde. A randomized block design in a 2 x 4 factorial arrangement with five replications was used. The first factor was based on two spacings between sowing rows: traditional and denser (0.50 m and 0.25 m, respectively). The second factor was constituted by four plant densities: 120; 180 (recommended); 240 and 300 thousand plants ha⁻¹, using the hybrid Dow 1G100. Variance analysis was carried out for each trial and, subsequently, joint analysis involving both experiments. At harvest, morphological characteristics, yield components and grain yield were evaluated. There was influence of the spacing between rows, as well as of the cultivation sites for most of the evaluated characteristics. The density of plants had effect on all the evaluated characteristics, especially, there was increase of productivity with the increase of plants in the area of cultivation.

Key words: Grain sorghum, spacing between sowing rows, density of sorghum plants.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por grãos tem levado os produtores, técnicos e pesquisadores a procurarem novas alternativas, para a alimentação de ruminantes, aves e suínos. Dentre as espécies vegetais, o sorgo granífero destaca-se, como um dos principais cereais, em substituição ao milho.

A cultura do sorgo estabelece-se, em sucessão à principal cultura de verão do Brasil, a soja, em período de cultivo denominado de segunda safra ou “safrinha”. No entanto, em condições desfavoráveis, como a ocorrência de déficit hídrico, o sorgo destaca-se, pois pode ser cultivado em condições adversas de clima e solo, contribuindo, para a redução do impacto de abastecimento grãos (Botelho et al., 2010).

Dados da CONAB (2017) relatam que a área cultivada de sorgo no Brasil está estimada em 626,5 mil hectares, com uma produção de grãos de 1,845 milhões toneladas e produção média de 2,97 toneladas ha⁻¹. Ainda assim, o Brasil apresenta baixa produtividade de sorgo comparado a outros países produtores como os EUA e China, que atingem produtividades médias superiores a 4,8 toneladas ha⁻¹ (USDA, 2017). No Brasil a CONAB prospecta uma redução na safra de sorgo de 3,7 % em 2018, possivelmente pelo atraso do plantio de soja no País, em que haverá redução na época de semeadura do sorgo.

Há a necessidade de elevar a produtividade do sorgo e explorar de forma eficiente o espaço cultivado. Assim, destaca-se o emprego do arranjo espacial de plantas, que são as várias alternativas de combinações de espaçamentos e densidades, dessas. Portanto, para definir o melhor arranjo das plantas na área é necessário adequar o melhor espaçamento e população para cada híbrido de sorgo. Alguns autores retratam a importância do arranjo de plantas, na obtenção de maiores rendimentos, na cultura do sorgo (Baumhardt; Howell, 2006; Albuquerque et al., 2010).

Ao longo dos anos observou-se o estreitamento dos espaçamentos entre as linhas de cultivo, como estratégia para a redução dos custos de produção, o que possibilita uma menor utilização de herbicidas, para o controle de plantas daninhas, devido a maior eficiência cultural no processo de competição. Porém, reduzir o espaçamento entre linhas, sem o devido ajuste adequado da densidade de plantas na linha, pode contribuir para o acamamento aumentando a probabilidade de perdas na colheita.

Estudos com os novos híbridos de sorgo, em diferentes arranjos espaciais de plantas, são necessários, pois os genótipos disponíveis no mercado possuem arquitetura moderna. Isso

se traduz em materiais de porte mais baixos e produtivos, favorecendo ao acréscimo de plantas na área.

A execução deste trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes arranjos de plantas no desempenho agrônômico, do sorgo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safrinha de 2017, repetidamente, em dois locais: Centro Tecnológico Comigo (CTC) e Campo experimental da Universidade de Rio Verde (UniRV), de coordenadas de latitude 17°45'59,20"S, longitude 51° 02'15,01"O, com altitude 837 m e latitude 17°47'05" S, longitude 50°57'53" O, com altitude 756 m, respectivamente. As áreas experimentais encontravam-se em sistema de plantio direto sob palhada de soja e solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa 2013), que apresentaram os atributos químicos demonstrados, na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise química do solo na profundidade de 0 - 0,20 m, amostrado antes da instalação dos ensaios, nas áreas do CTC - Comigo e da UniRV na safrinha 2016/2017

PH	MO	*P	K	H+Al	Ca	Mg	T	V	Textura		
									Argila	Silte	Areia
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³				%			
CTC (Comigo)											
5,7	14	7,6	65	2,0	1,76	0,53	4,4	55	28	7	65
UniRV											
4,6	16,4	1,87	127	3,7	2,34	0,65	7,02	47,2	60	23	17

*Mehlich

Dados da precipitação pluviométrica e temperatura média do ar, durante a execução do experimento, estão apresentados na Figura 1.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições, em arranjo fatorial 2 x 4, em que o primeiro fator foi constituído por dois espaçamentos entre linhas de semeadura (tradicional e adensado: 0,50 m e 0,25 m, respectivamente). O segundo, por quatro densidades de plantas: 120; 180 (recomendada); 240 e 300 mil plantas ha⁻¹. As parcelas foram dimensionadas em 5 m de comprimento, por 2 m de largura, totalizando uma área de 10 m². A área útil derivou-se do descarte de 0,50 m de cada

extremidade (bordadura) da parcela, utilizando 2 e 4 linhas centrais de semeadura, observados nos respectivos espaçamentos de 0,5 e 0,25 m totalizando 4 m².

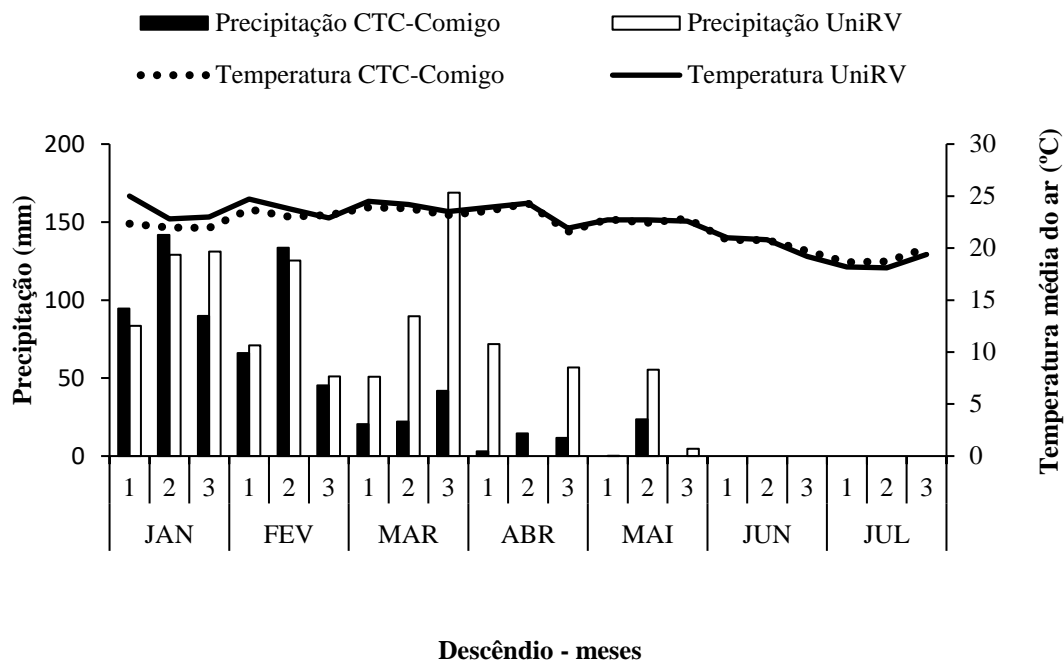


Figura 4 - Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar, ocorrida nas áreas experimentais do CTC - Comigo e UniRV, durante a condução dos ensaios de sorgo entre 2017.

A cultivar utilizada foi o granífero Dow 1G100, previamente tratada, a qual apresenta precocidade, (ciclo de 115 dias), porte baixo (1,15 m altura) e colmo resistente, o que diminui o acamamento, quando há variação da população de plantas, de acordo com a empresa detentora (Dow Agrociense, 2017).

Antes da instalação do experimento realizou-se a dessecação das plantas daninhas, nas áreas, utilizando-se 3,0 L p.c. ha⁻¹ do herbicida glifosato (1440 g e.a.³ ha⁻¹) e 0,8 L p.c. ha⁻¹ de 2,4-D (536 g e.a. ha⁻¹).

As semeaduras foram realizadas no mês de fevereiro, no dia 20, no CTC e 26, na UniRV, em 2017. A distribuição de sementes ocorreu por semeadora de fluxo contínuo montada, no sistema hidráulico de 3 pontos do trator, composta por 7 discos duplos excêntricos, a qual foi regulada para distribuir 400 mil sementes ha⁻¹ em ambos os espaçamentos. Na ocasião, foi distribuído em sulcos 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

³Equivalente ácido

Dez dias após a emergência, efetuou-se o desbaste manual para ajustar as populações de plantas desejadas em cada tratamento. Cinco dias após, efetuou-se a adubação de cobertura, em que foram aplicados manualmente, 80 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, a lanço. Adubação essa, recomendada para uma produtividade estimada em 8.000 kg ha⁻¹ (Alves et al., 1999). Vinte dias após a emergência das plantas realizou-se a aplicação de 4,0 L ha⁻¹ (2000 g i.a.⁴ ha⁻¹) de atrazina, para o controle de plantas infestantes.

O manejo de pragas foi realizado conforme a necessidade técnica da cultura. Durante o estágio reprodutivo foi necessária à cobertura das panículas da área útil das parcelas com sacos de papel Kraft, para a proteção contra o ataque, de pássaros.

A colheita no CTC Comigo foi realizada em 07 de julho de 2017 e na UniRV, em 09 de julho de 2017, com a utilização de cutelo. Na oportunidade, avaliou-se na área útil das parcelas, em dez plantas contínuas, a altura de plantas realizada, com o uso de uma trena medindo do solo, até a parte superior da panícula, diâmetro do colmo com utilização de paquímetro posicionado entre o primeiro e segundo nó do colmo, perfilhamento, comprimento de panícula e peso de panícula. Na área útil, avaliou-se peso de 1000 grãos (pesagem de mil grãos com correção da umidade para 13%); e produtividade de grãos com a debulha das panículas e posterior pesagem dos grãos, com correção da umidade para 13%.

Após a obtenção dos dados, efetuou-se a análise de variância individual, para cada local. Em seguida, foram realizados os testes de homogeneidade das variâncias residuais. Posteriormente, constatada a homogeneidade das variâncias, foi realizada a análise conjunta, envolvendo os dois experimentos. Foi empregada a análise de regressão em função das diferentes densidades de plantas, utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a análise de variância, ocorreu um efeito parcial do local de cultivo e do espaçamento entre linhas de semeadura, nas características avaliadas, dado que a população de plantas interferiu de forma generalizada. Praticamente não houve interações entre as características analisadas a exceção do diâmetro do colmo e peso de mil grãos (Tabela 5).

⁴ Ingrediente ativo

Tabela 5 - Resumo da análise de variância conjunta para as características de altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), perfilhamento (PF), comprimento de panículas (CP), peso de panículas (PP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG) em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017

FV	GL	QM						
		AP	DC	PF	CP	PP	PMG	PG
BLOCO (LOCAL)	8	0,0028	0,05	1,28	4,47	78,48	1,09	1376922
LOCAL	1	0,0945**	0,71**	0,05 ^{ns}	0,71**	3276,80**	49,03**	1376922**
ESPAÇAMENTO	1	0,0177**	0,09*	4,05*	0,08 ^{ns}	154,57 ^{ns}	47,32**	12863703 ^{ns}
POPULAÇÃO	3	0,0234**	0,50**	2,43*	0,50**	1469,69**	6,85**	1113**
LOC*ESP	1	0,0056 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,03 ^{ns}	66,10 ^{ns}	11,87**	1113 ^{ns}
LOC*POP	3	0,0007 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,02 ^{ns}	78,14 ^{ns}	1,86 ^{ns}	446549 ^{ns}
ESP*POP	3	0,0003 ^{ns}	0,06*	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	100,15 ^{ns}	0,65 ^{ns}	333652 ^{ns}
LOC*ESP*POP	3	0,0001 ^{ns}	0,05*	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	33,97 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1259757 ^{ns}
Erro	56	0,0017	0,02	0,85	0,02	86,84	1,60	526391 ^{ns}
CV (%)		3,32	7,69	123,19	7,69	16,91	5,45	10,84

** , * , ^{ns} significativo a 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

Relacionado às características morfológicas, a altura de plantas foi influenciada, com o acréscimo da densidade dessas, independentemente, do espaçamento entre linhas e do local de semeadura utilizados (Figura 5). O incremento de população promoveu aumento de 6 % na altura de plantas entre a menor e a maior densidade de plantas. Isso é explicado devido à competição intraespecífica de plantas, de mesma linha, por luz, induzindo, ao maior crescimento.

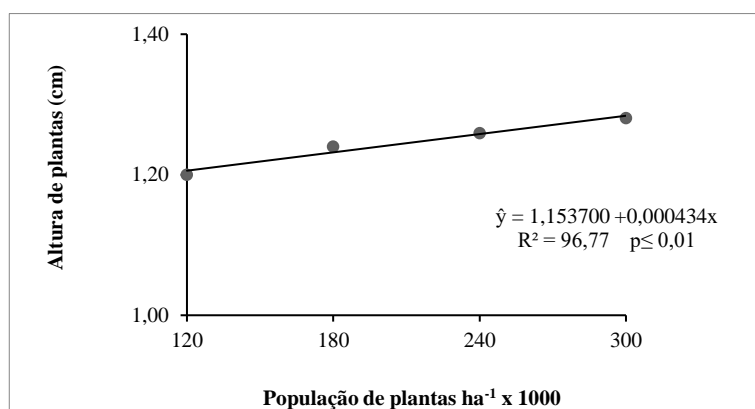


Figura 5 - Representação gráfica da equação de regressão para a característica de altura de plantas em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.

Os espaçamentos entre linhas de semeadura avaliados, também influenciaram na altura de plantas, em que o adensado, apresentou menor porte (Tabela 6). Albuquerque et al., (2010), constatou-se reduções significativas de alturas de plantas, em cultivo de sorgo, em menores espaçamentos, entre linhas, uma vez que foram avaliadas, as medidas de 25, 50 e 75

cm. Possivelmente, isso correu devido as plantas estarem melhor distribuídas, na área de cultivo.

Trabalho executado por Snider et al. (2012), não corrobora com o resultado descrito anteriormente. Os autores avaliaram cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos e localidades dos Estados Unidos e observaram que o espaçamento não afetou a altura de plantas, o que demonstra um comportamento inverso aos cultivares de sorgo granífero. Essa diferença de comportamento é explicada, possivelmente pelas características fenotípicas e genotípicas dos materiais cultivados.

Tabela 6 - Valores médios de características de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017

Espaço entre linhas (m)	Características do sorgo*										Média geral
	CTC Comigo					UniRV					
	População de plantas ha ⁻¹ (x 1000)										
	120	180	240	300	Média	120	180	240	300	Média	
	Altura de plantas (m)										
0,25	1,22	1,24	1,26	1,30	1,26	1,15	1,20	1,22	1,24	1,20	1,23 b
0,50	1,26	1,22	1,32	1,34	1,30	1,17	1,29	1,24	1,25	1,22	1,26 a
Média	1,24	1,27	1,29	1,32		1,16	1,21	1,23	1,24		
	Diâmetro de colmo (cm)										
0,25	1,87 bA	1,72 aA	1,72 aA	1,66 aA	1,74	1,70 aB	1,50 aB	1,45 aB	1,43 aB	1,52	1,63
0,50	2,06 aA	1,58 aA	1,54 bA	1,38bA	1,64	1,69 aB	1,45 aB	1,42aB	1,38aA	1,49	1,56
Média	1,96	1,65	1,63	1,52		1,69	1,47	1,45	1,41		
	Perfilhamento										
0,25	1,60	1,00	0,60	0,40	0,90	1,40	1,00	1,00	0,80	1,05	0,98 a
0,50	1,20	0,40	0,40	0,20	0,55	0,80	0,40	0,40	0,40	0,50	0,53 b
Média	1,40	0,70	0,50	0,30		1,10	0,70	0,70	0,60		
	Comprimento de panícula (cm)										
0,25	31,04	29,92	29,24	28,74	29,91	29,43	27,28	27,14	25,10	27,23	28,57 a
0,50	32,12	29,28	28,80	30,44	30,16	26,80	27,20	27,08	25,12	26,55	28,35 a
Média	31,58	29,60	29,37	29,59		28,12	27,24	27,11	25,11		
	Peso de panícula (g)										
0,25	78,50	63,12	58,15	55,51	63,82	64,18	49,18	47,40	36,04	49,20	56,51 a
0,50	71,20	57,12	54,78	53,78	59,22	53,27	51,47	47,57	40,66	48,24	53,73 a
Média	74,85	60,12	56,47	54,65		58,72	50,33	47,48	38,35		
	Peso de mil grãos (g)										
0,25	23,51	22,88	22,66	22,34	22,85 bA	23,56	21,88	21,50	21,28	22,05 aA	22,45
0,50	25,24	25,20	25,20	24,20	25,16 aB	23,83	22,90	22,42	22,13	22,82 aA	23,99
Média	24,38	24,04	23,93	23,67		23,70	22,39	21,96	21,70		
	Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)										
0,25	5353	6693	7782	8332	7040	4971	5674	6994	7282	6231	6636 a
0,50	6301	7120	7406	7748	7144	4556	6033	7206	7601	6349	6747 a
Média	5827	6907	7594	8040		4764	5854	7100	7442		

*Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas entre locais em cada população na linha e minúsculas entre espaçamentos em cada local e população não se diferem pelo teste F ($p \leq 0,05$).

O diâmetro de colmo foi influenciado pela densidade e espaçamentos. Apenas no ensaio conduzido no CTC Comigo, a redução do espaçamento promoveu aumento do diâmetro de colmo, nas duas maiores densidades e o inverso ocorreu na menor densidade.

Esses resultados são similares aos encontrados por Dourado Neto et al. (2003) em que, os diferentes arranjos espaciais de plantas de milho proporcionaram aumento do diâmetro do colmo, com a redução dos espaçamentos para menores populações. Porém, a redução da

população, independentemente, dos genótipos e espaçamentos utilizados, resultou em aumento no diâmetro do colmo. Com o aumento da população, as plantas apresentaram comportamento oposto à altura de plantas, reduzindo linearmente o diâmetro do colmo (Figura 6. A, B, C).

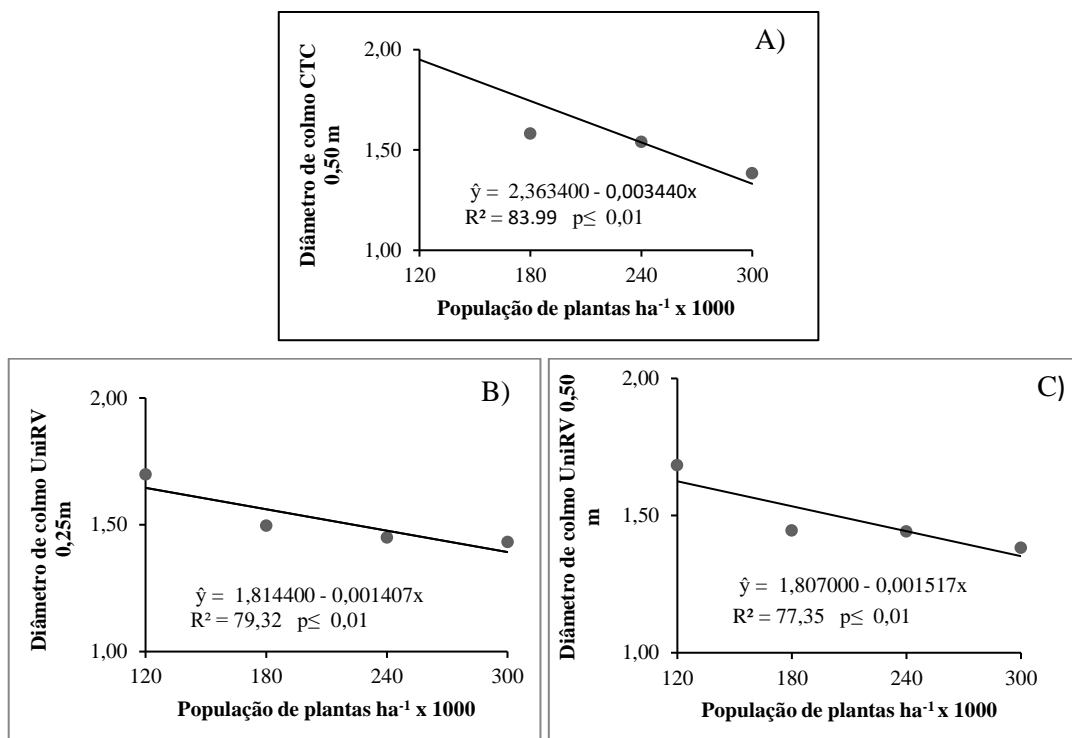


Figura 6 - Representação gráfica das equações de regressão para a característica de diâmetro de colmo em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.

Segundo Taiz e Zeiger (2004), plantas competem por luz solar, onde as folhas formam um dossel que absorve luz, e influencia na taxa fotossintética e seu crescimento. As folhas do baixeiro, por receberem menor intensidade de luz possuem suas taxas fotossintéticas, mais baixas, que as localizadas no ápice do dossel. Consequentemente, há um estímulo à dominância apical e á elongação de entrenós, reduzindo o diâmetro de colmo (Ballaré; Cassal, 2000).

Referente ao número de perfilhos, o espaçamento adensado foi superior ao convencional, provavelmente, devido à melhor distribuição de plantas na área e consequente maximização de captação da luz solar. Apesar disso, o acréscimo da densidade de plantas, promoveu redução dos perfilhos, independentemente, dos espaçamentos de semeadura (Figura 7).

Magalhães et al. (2003), trabalhando com arroz identificou que a emissão de perfilhos é resultante da incidência de luz no colo da planta em que menores densidades promovem

alteração hormonal, que estimula à emissão de perfilhos, pela planta principal e pela maior disponibilidade de fotoassimilados de reserva, do mesmo.

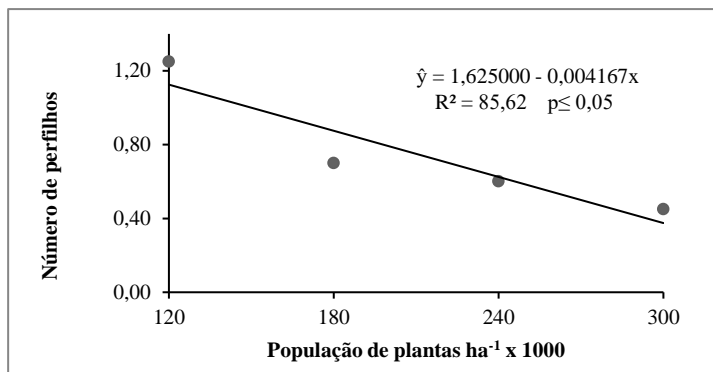


Figura 7 - Representação gráfica de equações de regressão para a característica do número de perfilhos em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.

Os espaçamentos entre linhas não influenciaram sobre os componentes do rendimento, à exceção do peso de mil grãos. Característica essa, em que no CTC Comigo, o espaçamento convencional foi superior ao adensado em 2,31 g. O peso de mil grãos e de panículas reduziram, em média entre os ensaios, 1,4 g e 20,3 g respectivamente, entre os extremos de população. No comprimento de panículas, ocorreu a diminuição de 8,5 % cm, entre os extremos de densidades semeadas, demonstrando a influência do número de plantas sobre os componentes de rendimento, em que ambos apresentaram comportamento linear decrescente, com o incremento de densidade de plantas (Figura 8 A, B, C). Possivelmente, a competição entre plantas por nutrientes no solo e a menor incidência de luz nas folhas do baixeiro, reduziram a produção e partição de fotoassimilados, para os drenos reprodutivos, das plantas.

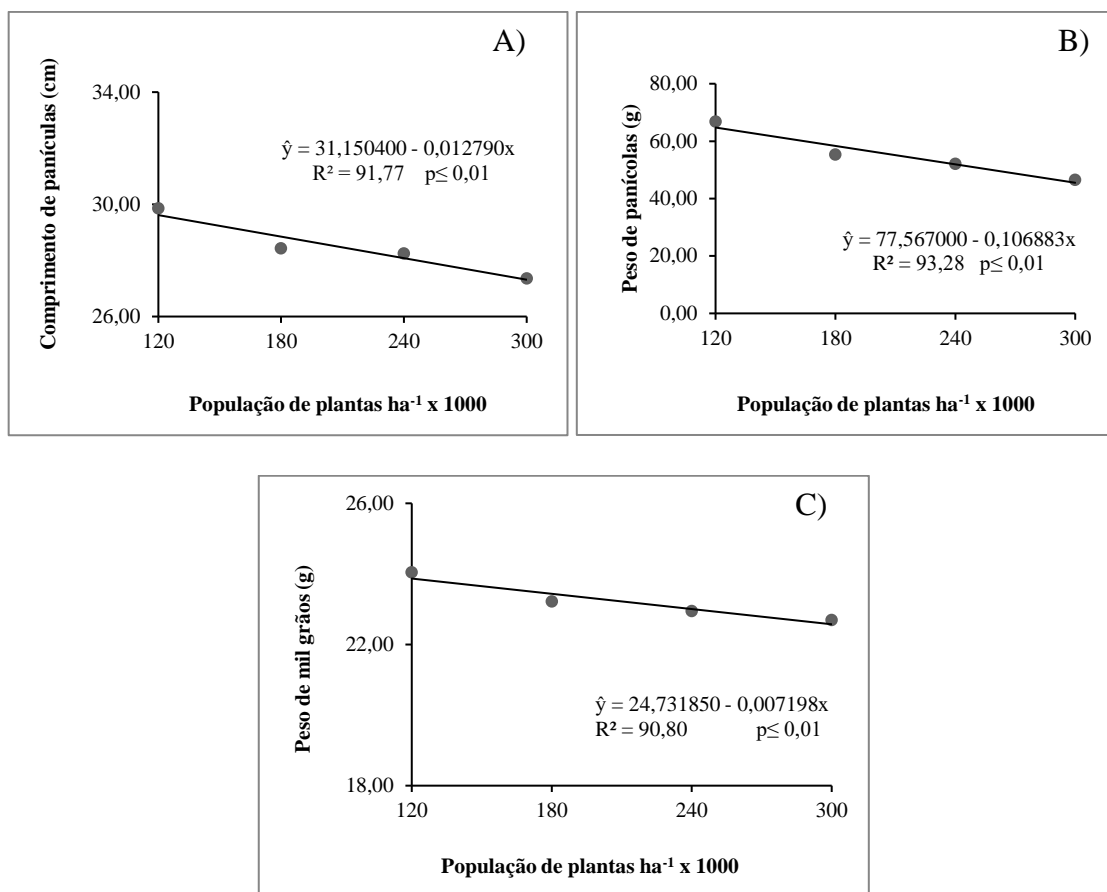


Figura 8 - Representação gráfica de equações de regressão para as características de comprimento de panículas (A), peso de panículas (B) e peso de mil grãos (C) em sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.

A produtividade foi influenciada pelos locais de cultivo, isto ocorreu pela fertilidade de fósforo no solo (Tabela 4), uma vez que apresentou-se uma diferença de precipitação, de 367 mm a mais, na UniRV. A média de produtividade no CTC (Comigo) foi superior em 802 kg ha⁻¹ em relação à encontrada na UniRV. Os espaçamentos utilizados não interferiram na produtividade, posto que o incremento da população com ganhos significativos (Figura 9). Portanto, para cada mil plantas adicionadas ha⁻¹ houve incremento aproximado de 13 kg.

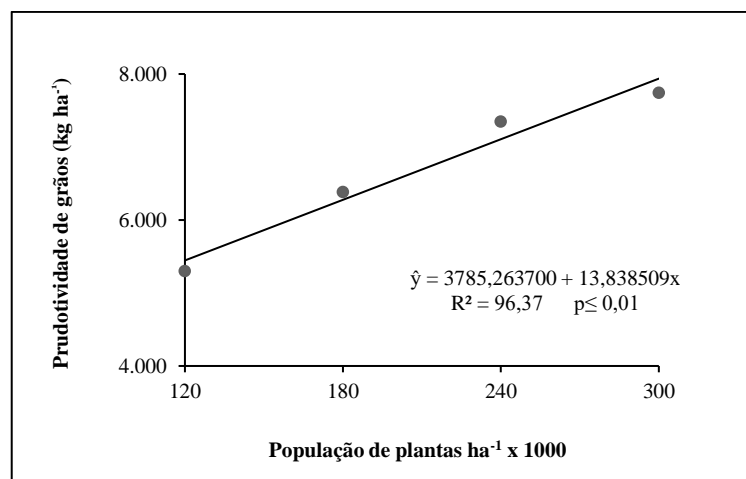


Figura 9 - Representação gráfica de equação de regressão para a característica de produtividade de grãos de sorgo cultivado em diferentes arranjos de plantas e locais de cultivo na safrinha 2017.

Resultados semelhantes aos encontrados neste estudo, foram relatados por Albuquerque et al. (2010), em que o aumento da população de plantas ha⁻¹ promoveu ganhos significativos de produtividade. Apesar dos componentes do rendimento apresentarem comportamento oposto à produtividade, visto o acréscimo de plantas na área de cultivo, a presença do maior número de panículas por área compensou a redução dos componentes de rendimento.

No passado, Berenguer e Faci (2001) demonstraram que o sorgo, efetivamente, compensava a produtividade pelo maior número e peso de grãos por panícula, em densidades menores de cultivo, assim altas populações ha⁻¹ não apresentavam vantagens na produção da cultura do sorgo. Porém, os novos cultivares de sorgo no mercado, apresentam características diferenciadas, os quais podem atingir produtividades superiores a 8.000 kg ha⁻¹ em altas densidades de plantas.

4 CONCLUSÕES

A redução dos espaçamentos entre fileiras de semeadura de 0,50 a 0,25 m interfere parcialmente, nas características agrônômicas do sorgo, com exceção do comprimento de panículas, peso de panículas e produtividade de grãos.

O incremento das densidades de plantas na área de cultivo causam efeito, no desempenho agrônomo do sorgo, promovendo plantas de porte mais alto, redução do diâmetro de colmo e no número de perfilhos.

Apesar da redução dos valores dos componentes do rendimento, o aumento da população de plantas favorece, a produtividade de grãos.

REFERÊNCIA

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PARRELA, R. A. C.; TARDIN, F. D.; BRANT, R. S.; SIMÕES, D. A.; FONSECA JR., W. B.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J. Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28., 2010, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: ABMS, 2010. p. 2219-2224.

ALVES, V. M. C. et al. Sorgo granífero. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 325 - 327.

BALLARÉ, C. L., CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 149-160, 2000.

BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 3, p. 462-470, Apr. 2006

BERENGUER, M. J.; FACI, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**, v. 15, p. 43-55, 2001.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. de A.; SALES, E. C. J. de; ROCHA JÚNIOR, V. R.; JAYME, D. G.; REIS, S. T. dos. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 287-297, 2010.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2017. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos safra 2016/2017 – 1º levantamento. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_10_16_16_34_39_graos_outubro_2017.pdf. Acesso em 15 nov. 2017.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DOW AGROCIENSE. **Híbridos de sorgo**. Disponível em <http://www.dowagro.com/pt-br/brasil/product-finder/sementes/hibridos-de-sorgo>. Acessado em 05/12/2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

MAGALHÃES, J. A. M.; FAGUNDES, P. R.; FRANCO, D. F. Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado. In: MAGALHÃES, J. A. M.; GOMES, A. S.; ANDRES, A. (Ed.) **Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p. 13-33. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 113).

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, p. 719, 2004
USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURA. **Foreign Agricultural Service in: Analysis of Grain Sorghum Data**. Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso 15 nov. 2017.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURA. **Foreign Agricultural Service in: Analysis of Grain Sorghum Data**. Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso 15 nov. 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução do espaçamento entre linhas de semeadura na cultura do sorgo de 0,50 m a 0,25 m é utilizada em sucessão com as culturas, que foram semeadas adensadas com mesma medida. Com isso evita-se a perda de tempo na regulagem das máquinas. Ainda, o aumento da densidade de plantas na área de cultivo mostra-se como técnica promissora devido ao aumento de produtividade, a qual é beneficiada pelo maior número de estruturas reprodutivas. No entanto, o mesmo estudo deve ser conduzido com outros genótipos para averiguar o comportamento desses, bem como avaliar o controle cultural, sobre plantas daninhas.

Sobretudo, a análise financeira vinculada aos resultados de produtividade do experimento foi efetuada considerando o custo da semente e do grão no mercado de R\$ 352,02 (saco de 20 kg) e R\$ 15,00 (saco de 60 kg) respectivamente. De acordo com a recomendação técnica são necessários 7,5 kg de sementes, por hectare, para a população recomendada (180 mil plantas ha^{-1}).

Na menor densidade de plantas a receita foi de R\$ 1241,55 apresentando um rendimento negativo de -13,5 % comparada à densidade recomendada (180 mil plantas ha^{-1}) (Figura 10). O aumento da densidade resultou em acréscimo, da rentabilidade bruta.

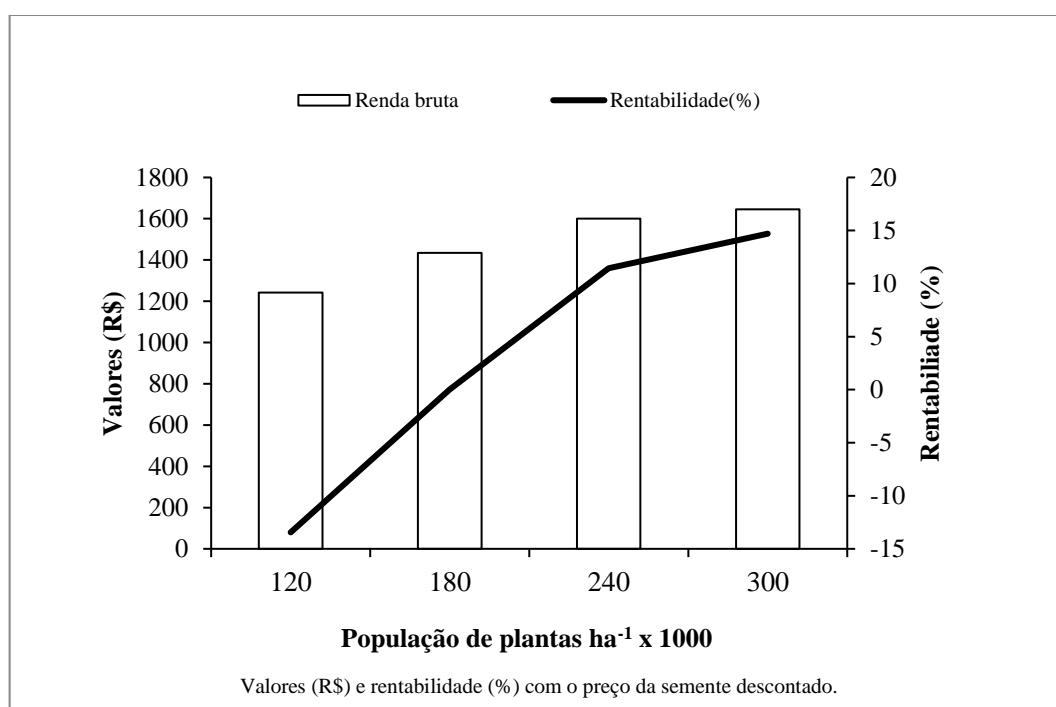


Figura 10 - Representação gráfica da análise financeira.

Na maior densidade de plantas (300 mil plantas ha⁻¹), observou-se uma rentabilidade aproximada de 14,7%, e receita bruta de R\$ 1646,19 (descontado o custo das sementes), comparadas a população recomendada, a qual obteve o valor de R\$ 1435,01. Entretanto, observadas as maiores populações em sequência numérica equidistante, o rendimento mais expressivo foi observado, entre a população recomendada e a de 240 mil plantas ha⁻¹, com um acréscimo de 11,45%, uma vez que entre essa e a maior, houve acréscimo de apenas 3,25%.

Portanto, os cálculos apresentados ressaltam a influência, que o preço da semente e o valor do grão no mercado exercem, sobre a sustentabilidade técnica, do cultivo de sorgo.