



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**ANDRÉ LUIS DA SILVA PARENTE NOGUEIRA**

**INTERFERÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NO CRESCIMENTO E BIOMASSA DE**  
**SORGO SACARINO**

**FORTALEZA – CE**  
**2017**

**ANDRÉ LUIS DA SILVA PARENTE NOGUEIRA**

**INTERFERÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NO CRESCIMENTO E BIOMASSA DE  
SORGO SACARINO**

Monografia submetida ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Lamartine Soares  
Cardoso de Oliveira

Coorientadora: M<sup>a</sup> Tatiana Maria da Silva

**FORTALEZA – CE**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

N71i Nogueira, André Luis da Silva Parente.  
Interferência do Espaçamento no Crescimento e Biomassa de Sorgo Sacarino / André Luis da Silva Parente Nogueira. – 2017.  
35 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira.

1. Sorghum bicolor. 2. Etanol. 3. Semiárido. I. Título.

CDD 630

---

**ANDRÉ LUIS DA SILVA PARENTE NOGUEIRA**

**INTERFERÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NO CRESCIMENTO E BIOMASSA DE  
SORGO SACARINO**

Monografia submetida ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr Lamartine Soares Cardoso de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Agr<sup>a</sup>. M.Sc. Tatiana Maria da Silva (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Agr<sup>a</sup>. M.Sc. Mestre Wesley Costa Silva (Conselheiro)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

---

Eng. Agr<sup>a</sup>. Maria de Fátima de Queiroz Lopes (Conselheira)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho a minha mãe, Lucia de Fátima, por ser guerreira e um exemplo, não só para mim, mas para quem a conheça. Sou grato também ao meu pai, Guilherme Nogueira Filho. Aos meus tios Diana Parente, Socorro Parente e Regis Lima. A minha avó, Dona Teresa Parente, que o criador a tenha. Todos os senhores e os demais familiares são a base do meu crescimento.

A Armando Viana da Silva e Manoel Aguiar de Arruda por terem sido presentes na minha vida desde sempre. Assim como Diego Santos, Glauber Santos, Freitas Neto, Caroline Dias e Emerson Barreto, meus amigos desde a infância.

Agradeço aos meus amigos, Fabiano Passos Filho, Jocilene Pinheiro, Ewerton de Oliveira, por estarem comigo do começo até o final da minha graduação. Sou muito feliz também por ter conhecido e somado a minha vida os amigos, Mathieu Degonde, Caroline Rosa, Joniele Oliveira, Jefferson Auteliano, Jefferson Fortes, Eliete Reis, Éder Raulino, Lais Lima, Lucas Lima, Hiago Moreira, Robson Morais, Beatriz Vanderlei, Luiza Mendonça, Vitor Alberto, Gabriela Moreira, William Viana, Gilcivan Moreira, Thiago Barros, Stephanie Mann e muitos outros que ajudaram na minha trajetória pela Agronomia, presentes nos melhores momentos e compartilhando alegrias.

Posso esquecer de muitas coisas, mas não esquecerei dos meus colegas e amigos, do laboratório, Italo Viana, Janderson Pedro, Aline Sales e Wesley Sousa por trabalharem comigo, dividindo todos os momentos de dificuldade e felicidade. Também não esquecerei da amizade e orientação dos estudantes da pós-graduação, Bruno Lessa, Francelino Filho, Maria Neurilan e Wesley Costa, em todos os meus trabalhos.

A Tatiana Maria da Silva, por nunca ter negado um segundo de sua atenção como orientadora e amiga. Por ser um exemplo, admirável, sempre verdadeira e sucinta no que quer dizer. A Ronimeire Torres, minha amiga e primeira coorientadora, já que me iniciou na pesquisa. A Joana Moura, que sempre humilde, estava sempre presente. E Fátima Queiroz, por ser minha dupla em todas as façanhas.

Ao professor Alexandre Bosco, por ser o responsável pela equipe do laboratório da fisiologia da produção e um amigo digno de ser sempre lembrado, por ser sempre sincero, condolente, presente, justo e verdadeiro.

A Márcio Cleber Corrêa, por ter me orientado durante minha monitoria. Ao professor Lamartine de Oliveira e professora Rosilene Mesquita, pela orientação e presença inquestionável no final do meu curso. A professora Maria Elizimar Guerreiro, por ter me mostrado que as vezes as coisas não são como pensamos, e que existe outro caminho.

A Universidade Federal do Ceará, que fomentou minhas bolsas ao longo da graduação. A Secretária Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza (SEUMA) e seus membros, Mariana Andrade, Paula Mota, Pedro Raimundo Neto e André Arrais, que me receberam como estagiário e complementaram meu conhecimento como pessoa e profissional.

A equipe de apoio da Fazenda Vale do Curu, que viabilizou a realização do experimento. A equipe do departamento de Fitotecnia – UFC, Dona Eliza, Seu Rodolfo, Seu Raimundo e Seu Dôdô, por ser quem me apoiava em tudo, desde um simples grampeador até a uma enxada.

## RESUMO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é o quinto cereal mais produzido no mundo. Uma espécie que possui considerável potencial energético, sendo apto para produção de etanol, açúcar e forragem. De ciclo curto, ampla eficiência fotossintética, adaptação a diversos ambientes, pouco exigente em nutrientes e água, o sorgo sacarino pode ser uma opção para cultivo no Semiárido Brasileiro. Diante disto, objetivou-se avaliar a interferência do espaçamento no crescimento e na biomassa do sorgo sacarino. O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Vale do Curu – Pentecoste - CE, pertencente a Universidade Federal do Ceará. O genótipo estudado (BRS 511) foi analisado em dois experimentos com delineamento em blocos casualizados, o primeiro, crescimento em função do espaçamento entrelinhas, esquema de parcela subdividida. E o segundo, a biomassa em função da densidade de plantio, em esquema fatorial. Assim, avaliou-se as variáveis, clorofila A, clorofila B, relação clorofila A/B e clorofila total, altura de plantas, diâmetro do colmo e angulação da folha +3, para o experimento I, já para o II, massa fresca das folhas, massa fresca do colmo, massa fresca total, massa seca das folhas, massa seca do colmo e massa seca total. A redução do espaçamento entrelinhas reduziu o crescimento das plantas de sorgo sacarino. A biomassa teve maiores valores em menores espaçamentos entrelinhas e entre plantas. Em Pentecoste – CE, para o crescimento do cultivar BRS 511, recomenda-se o espaçamento entrelinhas de 70 cm. E para a produção de biomassa, o espaçamento entrelinhas de 50 cm e 0,8 cm entre plantas.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*, etanol, semiárido.

## ABSTRACT

Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is the fifth most produced cereal in the world. A species that has considerable energy potential, being able to produce ethanol, sugar and forage. Short cycle, high photosynthetic efficiency, adaptation to different environments, low requirement in nutrients and water, the sweet sorghum may be an option for cultivation in the Brazilian Semi-arid. The objective of this study was to evaluate the interference of growth and biomass spacing of sorghum. The work was conducted at the Curu Valley Experimental Farm - Pentecoste - CE, belonging to the Federal University of Ceará. The genotype studied (BRS 511) was analyzed in two experiments with a randomized block design, the first, growth as a function of the spacing between rows, subdivided plot scheme. And the second, biomass as a function of planting density, in a factorial scheme. Thus, the variables, chlorophyll A, chlorophyll B, chlorophyll A / B ratio and total chlorophyll, plant height, stem diameter and leaf angulation +3, were evaluated for experiment I, already for II, fresh mass of Leaves, fresh high mass, total fresh mass, dry leaves mass, high dry mass and total dry mass. Reduction of line spacing reduced the growth of sorghum plants. The biomass had higher values in smaller spacings between lines and between plants. In Pentecoste - CE, for the growth of cultivar BRS 511, the spacing between rows of 70 cm is recommended. And for the production of biomass, the spacing between rows of 50 cm and 0.8 cm between plants.

**Keywords:** *Sorghum bicolor*, ethanol, semiarid

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Crescimento de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos entrelinhas.....26

Figura 2 – Biomassa de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos entre linhas e entre plantas.....30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais parâmetros meteorológicos referentes ao período de março a julho de 2016 em Pentecoste – CE.....	19
Tabela 2- Condições físico-químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Fazenda Vale do Curu em Pentecoste, Ceará, 2016.....	20
Tabela 3- Resumo da ANOVA para as variáveis de crescimento.....	23
Tabela 4 - Dados de crescimento, valores médios para as variáveis número de folhas (NF), clorofila a (CLORa), clorofila b (CLORb) e relação clorofila A e B (RELAÇ A/B) .....	27
Tabela 5 - Resumo da ANOVA para as variáveis de biomassa.....	28

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 A cultura do sorgo: Visão geral .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1 O sorgo sacarino .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Produção do sorgo sacarino no nordeste do Brasil .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Influência do arranjo de plantas sobre o crescimento e a biomassa da cultura do sorgo sacarino.....</b>	<b>17</b>
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Local e período de execução .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2. Montagem do experimento .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Variáveis estudadas.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4. Análise estatística dos dados.....</b>	<b>22</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>- Experimento I.....</b>	<b>23</b>
<b>- Experimento II .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

## 1 - INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta pertencente à família das Poaceae, tendo como centro de origem na África e parte da Ásia, é o quinto cereal mais importante do mundo, subsequente ao trigo, arroz, milho e cevada. Um produto da intervenção do homem que o domesticou ao longo de gerações (RIBAS, 2007; QUEIROZ, 2009; ROSA, 2012).

Apresenta metabolismo C4, ciclo curto (120 a 130 dias), ampla eficiência fotossintética, bem adaptada a diversos ambientes, pouco exigente a grandes quantidades de nutrientes e apresenta tolerância a seca e ao alumínio tóxico (DURÃES, 2011; VEAL, 2014), sendo uma boa opção para cultivo no semiárido do Nordeste do Brasil. Uma vez que essa região apresenta solos pouco desenvolvidos e pouco permeáveis, tem fonte de água na maioria das vezes dependente do período chuvoso com precipitação pluviométrica escassa e concentrada em um curto período de tempo (ARAÚJO, 2011).

Para Pontes (2013), o sorgo pode ser classificado, de acordo com sua aptidão, como forrageiro, granífero, vassoura, biomassa e sacarino. Este último, possui considerável potencial energético no colmo, que apresenta alto teor de açúcar, sendo apto para produção de etanol, açúcar e forragem, semelhante a cana-de-açúcar, podendo participar de uma série de aplicações industriais, fornecendo alta fonte de rendimento de açúcares e biomassa vegetal, sendo assim um complemento para o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar como opção no período de entressafra (DURÃES, 2011; DURÃES, 2012; VEAL, 2014).

Mesmo sendo uma planta bem adaptada, o sorgo sacarino precisa de manejo adequado para apresentar níveis de produtividade desejáveis. Há diversas práticas de manejo que influenciam na produção vegetal, como o arranjo de plantas, que interfere na interceptação da radiação solar, ângulo da folha, número de folhas, área foliar e produtividade (ARGENTA, 2001).

A variação do arranjo tem grande impacto no desenvolvimento da cultura, por influenciar na competição por recursos essenciais do ambiente, como água, luz e nutrientes. Teoricamente, considera-se o melhor arranjo, aquele que há distribuição mais uniforme de plantas por área e que possibilite a melhor utilização desses recursos, influenciando diretamente no diâmetro e altura do colmo da planta (ARGENTA, 2001; MAY et al., 2012a).

Diferentes arranjos de plantas, de acordo com Emygdio (2013), têm distintos resultados nos cultivares de sorgo sacarino existentes. Podendo-se confirmar com May et al. (2012b), que ao avaliarem o cultivar de sorgo sacarino ‘CMSXS 647’, obtiveram maior produtividade de biomassa em função de menores espaçamentos entrelinhas e maiores populações de plantas. Já Emygdio et al. (2011) verificaram que não houve influência de maiores populações de plantas na produção de biomassa do cultivar BRS 506.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a interferência do espaçamento no crescimento e na biomassa do sorgo sacarino, cultivar BRS 511, no semiárido cearense.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do sorgo: Visão geral

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta anual que tem como centro de origem a África e Ásia. O quinto cereal mais importante do mundo, cultura que teve seu desenvolvimento em várias regiões do mundo (QUEIROZ, 2009). Possui grande utilidade em regiões quentes e muito secas, locais que o homem não consegue boa produtividade de grãos ou forragem com outras espécies, como o milho. Teve domesticação por volta de 3000 AC, mesmo tempo que essa prática e o cultivo de outros cereais era introduzido no Egito Antigo a partir da Etiópia. (RIBAS et al., 2008).

É uma planta C4 da família das Poaceae e é caracterizada pela sua alta eficiência fotossintética. Suas variabilidades de tipos que são compatíveis com os atuais sistemas de produção são sorgo forrageiro, granífero, vassoura, biomassa e sacarino. Esses diferentes tipos de sorgo têm facilidade de adaptação a diferentes ambientes porque possuem modesto requerimento de água, tolerância a seca e a salinidade e atinge maturidade de 90 a 130 dias. Em função dessas adaptações, ele pode crescer em ambiente de clima tropical, subtropical, temperado e semiárido. (SHOEMAKER, 2010; PONTES, 2013).

O sorgo granífero é uma planta de porte baixo que atinge até 170 cm e produz uma panícula rica em grãos, seu principal produto. O forrageiro ou silageiro tem porte superior a dois metros, muitas folhas e elevada produção de forragem. O vassoura é caracterizado pela panícula na forma de vassoura faz parte da fabricação de vassouras e itens artesanais (DIPAP, 2010). Já o biomassa pode atingir até seis metros de altura em apenas 180 dias, ou seja, produz muito biomassa em um curto intervalo de tempo. O sacarino possui porte alto, superior a dois metros, e sua característica principal é seu colmo doce e suculento como o da cana-de-açúcar. (TORRES, 2014).

Mesmo sendo uma planta pouco exigente em nutrição, água e outros fatores, nos seus diferentes tipos encontrados, o sorgo necessita de técnicas de manejo ideal para sua plena produtividade (PONTES, 2013).

O Sorgo tem diferentes respostas quando submetido em diferentes temperaturas. Para Rosa (2012), os valores de temperatura ideais para o crescimento estão entre 26 e 30° C e abaixo de 18° C é o limite para o cultivo. Já Pontes (2013), relata que a temperatura ótima de crescimento está entre 33 e 34° C e abaixo de 16° C há queda de produtividade.

A planta requer uma quantidade 25 mm de chuva após o plantio, 250 mm durante a fase de crescimento e 25 a 50 mm na maturidade. O cultivo possui dois períodos críticos quanto a disponibilidade de água, 20 a 25 dias após a germinação e durante a fase de floração. Durante o ciclo de vida da planta a quantidade total de água exigida varia entre 380 a 600 mm (ROSA, 2012; LOURENÇÃO, 2012; PONTES, 2013).

A complexa resistência a seca do sorgo está relacionada simultaneamente a aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos. Além de também dois fatores, um de escape e um de tolerância (MAGALHÃES, 2008). O primeiro fator, o escape, tem relação com o sistema radicular profundo e ramificado que pode penetrar de 1,5 a 2,5 metros no solo estendendo-se e capitando água (SHOEMAKER, 2010). O segundo, a tolerância, consiste na habilidade da planta de diminuir o metabolismo em situação de estresse e recuperá-lo logo após superada a situação (MAGALHÃES, 2008).

O ciclo biológico ou a fenologia do sorgo, de acordo com Rodrigues (2012), equivale a 9 estádios de desenvolvimento que são caracterizados, respectivamente, da emergência até a maturação fisiológica. Ele possui também 3 estádios de crescimento, o EC1, EC2 e EC3 que equivalem, respectivamente, da germinação a emergência e estabelecimento da planta, do início da panícula até o florescimento e da floração até a maturação fisiológica (MAGALHÃES, 2008).

Durante o ciclo de cultivo, o sorgo, apesar de pouco exigente na quantidade de nutrientes presentes no solo ao compará-lo a outros cereais, tem exigência em nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio (COELHO, 2008). A quantidade adequada de nutrientes para o sorgo pode ser definida comparando amostras de nutrientes no solo e comparando a análise foliar ideal proposta por Martines et al (1999).

### **2.1.1 O sorgo sacarino**

A cana-de-açúcar, o canavial, o engenho, a indústria e as refinarias têm histórico secular no Brasil. A implantação e a ampliação do setor sucroenergético aqui já vinha experimentando significativos ganhos de produtividade agrícola e industrial. Atualmente buscam-se estudos e estimativas que tragam opções para reformar 10-15% do canavial, que possam reduzir 30-40% os custos de implantação de um novo, então, tem-se o surgimento do sorgo sacarino uma opção, por ser uma planta com características desejáveis para o setor. (DURÃES, 2011)

Apresenta porte alto, acima de 2 metros, tem colmo doce e succulento, semelhante a cana-de-açúcar e possui panícula aberta com baixa produção de grãos (IPA, 2008). Uma planta que tem diversas utilizações, podendo satisfazer as necessidades de alimentos, rações, combustíveis e fibras. (VINUTHA et al, 2014). Possui também alta produção de biomassa (RAO, 2009), que o torna apto para produção de etanol, biocombustível que tem menor emissão de CO<sub>2</sub> que os combustíveis fósseis, considerado produto renovável e limpo (AQUINO et al, 2014).

Logo, o sorgo sacarino pode ser uma alternativa na entressafra da cana-de-açúcar, fornecendo matéria prima de qualidade, principalmente quando cultivado no verão, reduzindo a instabilidade do mercado de etanol (MAY, 2013).

Pode-se processá-lo nos mesmos equipamentos que são utilizados para cana, isto faz com que aumente o período de moagem das usinas, e assim, a produção de etanol (SANTOS, 2015). A extração do caldo é facilmente realizada por causa da facilidade de liberação dos açúcares do sorgo sacarino. Logo, o caldo extraído, quando fermentado, se transforma em álcool semelhante ao da cana (MAY, 2011).

Moreira (2011) afirma que a matéria-prima do sorgo sacarino se destaca pelo seu curto ciclo de vida em períodos da entressafra da cana-de-açúcar. Ou seja, graças a velocidade com que o ciclo se conclui, as intervenções agronômicas acontecem conseqüentemente mais rápido que na cana. Segundo Sordi (2011), a qualidade e especificação do etanol produzido, assim como o poder calorífico do bagaço queimado nas caldeiras, são perfeitamente compatíveis com o que se consegue com a cana. Além de o balanço energético ser positivo, com fibra e rendimentos de extração gerando bagaço suficiente para o processamento.

## **2.2 Produção do sorgo sacarino no nordeste do Brasil**

Produzir e manter cultivos agrícolas na região nordeste do Brasil é um grande desafio porque é um território, predominantemente, de clima semiárido, ou seja, possui temperaturas geralmente altas, precipitações escassas e concentradas em um curto período de tempo, conseqüentemente, déficit hídrico (MIN, 2005; ARAÚJO, 2011). Pensando nisto, deve-se considerar tecnologias e espécies com adaptações para essa região, como o sorgo sacarino.

Ele surge como uma opção graças a sua adaptação as condições do clima semiárido, que está relacionada diretamente as características da planta que apresenta

resistência a seca, pouca exigência de água, baixa necessidade nutricional comparado a outros cereais e completa o ciclo fisiológico rápido (MAGALHAES, 2008; PONTES, 2013). Sendo assim, bem aceita, podendo ser utilizada em mini e micro destilarias para a produção de etanol, já que se sobressai onde não se produz cana-de-açúcar (PARRELLA, 2010).

### **2.3 Influência do arranjo de plantas sobre o crescimento e a biomassa da cultura do sorgo sacarino.**

As diferentes combinações de espaçamentos e densidades de plantas pode ser chamada de arranjo de plantas, ou seja, a forma como estão distribuídas na área, considerando o espaçamento delas entrelinhas e entre plantas (ASSIS et al., 2014). Essa distribuição, se bem adequada, proporciona diferentes vantagens para o cultivo agrícola, como cobertura do solo, controle de erva daninhas e utilização de água e nutrientes (ISGA, 2010).

Teoricamente, considera-se o melhor arranjo como aquele que proporciona a distribuição mais uniforme das plantas na linha de semeadura, permitindo melhor utilização de água, nutrientes e luz. Sendo também o que proporcionará maior produtividade do cultivo agrícola (ASSIS et al., 2014).

Diversos estudos têm mostrado que a redução do espaçamento entrelinhas para a cultura do sorgo sacarino, dão ganhos de caracteres agronômicos de importância para a produção do etanol, mas para a população de plantas nem sempre há ganhos nas principais variáveis de produção justamente pela variação ambiental e pelos diferentes espaçamentos avaliados nos estudos (FERNANDES et al., 2014).

Para Assis et al. (2014), antes de alterar a densidade de plantas, deve-se levar em consideração o cultivar, o nível de fertilidade, umidade do solo e o grau de tecnologia que será utilizada. E para avaliar os cultivares de sorgo sacarino, segundo Audilakshmi et al. (2010), principalmente visando a produção de etanol, deve-se levar também em consideração as variáveis altura de plantas e diâmetro do colmo, pois são caracteres altamente influenciáveis pelas condições ambientais e pelas práticas de manejo adotadas, como o espaçamento entre plantas, que pode ter ação na produtividade de biomassa.

A população entre plantas não tem relação obrigatória com o aumento de biomassa, o que foi constatado pelos seguintes autores May et al. (2012b), que avaliaram o cultivo de sorgo sacarino, cultivar CMSXS 647, em diferentes espaçamentos

entrelinhas, de 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 metros, e mostrou que há maior produtividade de biomassa quando há cultivo em menores espaçamentos entrelinhas e maiores populações entre plantas. Já Emygdio et al. (2011) verificaram que não houve influência da população de plantas na biomassa nos cultivares analisadas, (BR 506, WRAY e DALE). Isso confirma que há significativa influência do cultivar na produção de biomassa em função de diferentes espaçamentos.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local e período de execução

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Vale do Curu, pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste – CE (3°47' de latitude Sul, 39°16' a oeste de Greenwich e 45 m de altitude), durante o período de março a junho de 2016. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen é de BSw'h', ou seja, semiárido seco com chuvas irregulares e pequena temporada úmida (AGUIAR et al., 2014). Os dados meteorológicos referentes ao período de execução do experimento estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Principais parâmetros meteorológicos referentes ao período de março a julho de 2016 em Pentecoste – CE.

PERÍODO	T (°C)		UR (%)		P (mm)
	9 h	15h	9h	15h	
MARÇO (18 a 31)	23,9	35,1	80,6	70,6	41,2
ABRIL	23,7	34,7	80,8	75,5	84,8
MAIO	23,0	36,0	72,2	69,5	59,4
JUNHO	22,5	36,7	73,9	61,8	99,4
JULHO	22,1	38,1	66,8	51,1	00,0
TOTAL (P)					284,8

Fonte: FUNCEME ([www.funceme.br](http://www.funceme.br)) P: pluviosidade acumulada nos meses. T: Temperatura e UR: Umidade Relativa.

#### 3.2. Montagem do experimento

Foi utilizado o cultivar de sorgo sacarino BRS 511, cedida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, unidade Milho e Sorgo. A semeadura de forma manual, colocando-se de 4 a 5 sementes por cova. Aos 15 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por cova. O experimento foi conduzido em regime de sequeiro, no qual a disponibilidade de água foi dependente da pluviosidade.

Levando em consideração a análise de solo (Tabela 2) e seguindo recomendações de Durães et al. (2012), foi realizada adubação de fundação com 30, 50 e 45 kg.ha<sup>-1</sup> de N,

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, tendo-se como fontes para cada nutriente os adubos minerais ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Aos vinte dias após a semeadura foi realizada uma adubação de cobertura com 140 e 45 kg.ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O, respectivamente.

**Tabela 2:** Condições físico-químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Fazenda Vale do Curu em Pentecoste, Ceará, 2016.

Prof. (cm)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T
	----- cmolc.kg <sup>-1</sup> -----							
0 – 20	5,40	2,10	0,22	0,96	0,83	0,05	8,7	9,5
20 – 40	4,70	3,30	0,63	0,74	0,66	0,05	9,4	10,0
	V	M	C	N	MO	P assimilado	C/N	PST
	--- % ---		----- g.kg <sup>-1</sup> -----					
0 – 20	91	1	9,48	0,98	16,34	0,084	10	4
20 – 40	93	1	5,16	0,53	8,90	0,061	10	4
	D.G.	pH	CE	Areia G	Areia F	Silte	Arg.	Arg. Nat.
	g.cm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O	dS.m <sup>-1</sup>	----- g.kg <sup>-1</sup> -----				
0 – 20	1,37	6,6	0,58	60	556	261	123	80
20 – 40	1,6	6,8	0,70	69	578	258	95	77

Fonte: Laboratório de Solos/Água; Departamento de Ciências do Solo – UFC; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME.

O cultivar estudado foi avaliada em quatro diferentes espaçamentos entrelinhas (0,50; 0,60; 0,70 e 0,80 m), com o espaçamento entre plantas padronizado em 0,12 metros e cinco períodos de avaliação (30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura), para o experimento I de desenvolvimento e crescimento das plantas. E quatro diferentes espaçamentos entrelinhas (0,50; 0,60; 0,70 e 0,80 m) e três espaçamentos entre plantas (0,08; 0,12 e 0,16 m), para o experimento II que avaliou a biomassa do genótipo, sendo colhidas para as análises aos 110 dias após a semeadura (DAS).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições sendo que no experimento I o esquema utilizado foi em parcela subdividida no tempo (4 espaçamentos vs 5 épocas de coleta) e o experimento II em esquema fatorial (4 espaçamentos entrelinhas vs 3 espaçamentos entre plantas). Cada unidade experimental

foi constituída de quatro linhas de cinco metros, sendo as duas linhas centrais a área útil da parcela.

### **3.3. Variáveis estudadas**

#### **- Experimento I**

Na área útil de cada unidade experimental foram escolhidas casualmente seis plantas que tiveram medições realizadas a cada 15 dias. As variáveis de crescimento avaliadas foram: altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF) e angulação da folha +3 (AF+3) e índice relativo de clorofila.

Para a altura das plantas (AP), mediu-se cada planta da superfície do solo até a base da folha bandeira (estágio vegetativo) ou ápice da panícula (estágio reprodutivo), com os resultados expressos em metros. Já para o diâmetro do colmo (DC) foi utilizado um paquímetro digital e foi determinado a partir da média de três leituras (base, meio e ápice) do colmo de cada planta, o resultado obtido foi expresso em milímetros. Para determinar o número de folhas (NF), foi realizada a contagem de todas as folhas totalmente expandidas. A angulação da folha +3 (AF+3) foi determinada com base na terceira folha, contando-se do ápice para a base da planta, medindo-se a curvatura que ela fazia com o auxílio de um transferidor tomando como base a angulação que a folha formava com o colmo da planta. E o índice relativo de clorofila foi realizado sendo feitas três leituras na folha +3 (base, meio e ápice), utilizando-se o medidor ClorofiLOG CFL1030, com posterior cálculo da média.

#### **-Experimento II**

Para a aferição da biomassa do cultivar em estudo, no final do ciclo da cultura e respeitando a maturidade fisiológica, foram colhidas aos 110 dias após a semeadura uma amostra aleatória de doze plantas em cada unidade experimental, essas plantas foram organizadas em feixes e pesadas em balança digital de 15 kg para determinação da matéria fresca total (MFT).

Em seguida separou-se quatro plantas para pesagem da massa da matéria fresca e seca das partes separadamente, folhas (MFF e MSF), colmos (MFC e MSC). A massa da matéria seca total (MST) foi determinada com o somatório da massa de matéria seca das partes.

### 3.4. Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e quando atenderam a tais pressuposições foi feita análise de variância (ANOVA), com teste de Tukey (5%) (MFF/MSF; MFC/MSF; MFT/MST) para comparar as médias do espaçamento entre plantas; e estudo de regressão polinomial (AP; DC; AF+3; MFF/MSF; MFC; MFT) para analisar o espaçamento entrelinhas e os tempos de crescimento. Quando os dados não atenderam a uma das pressuposições estes foram submetidos ao teste não-paramétrico (NF; CLORa; CLORb; CLORtotal; RELAÇ A/B) de Kruscal-Wallis (5%).

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio dos softwares Action 2.7 (ESTATCAMP, 2015) para transformação Boxcox (AF+3) e teste de Bartlett (teste de variância); Assistat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) para os testes de normalidade e Kruscal-Wallis; e Sisvar 5.3 Build 77 (FERREIRA, 2011) para ANOVA com Tukey ou regressão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### - Experimento I

Houve efeito significativo do espaçamento entrelinhas para o diâmetro do colmo e ângulo da folha +3 (Tabela 3). Para o fator dias após a semeadura (DAS), todas as variáveis foram significativas.

**Tabela 3:** Resumo da ANOVA para as variáveis altura, diâmetro e ângulo de plantas de sorgo sacarino submetidas a diferentes espaçamentos entrelinhas.

FV	GL	Altura	Diâmetro	Ângulo
		----- QM -----	----- QM -----	----- QM -----
Bloco	3	2804,704 <sup>ns</sup>	4,408 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
EL	3	900,336 <sup>ns</sup>	13,801*	0,006*
Erro 1	9	3.855,921	3,138	0,001
DAS	4	42206,832**	20,208**	0,028**
ELxDAS	12	456,653 <sup>ns</sup>	0,438 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
Erro 2	48	587,000	0,757	0,001
Total	79	-	-	-
CV% <sup>1</sup>		39,36	12,88	1,82
CV% <sup>2</sup>		15,36	6,33	1,46

FV: fatores de variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação; EL: espaçamento entrelinhas; DAS: dias após a semeadura.

<sup>ns</sup>, \*, \*\* respectivamente, não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F da análise de variância (ANAVA);

Observou-se na Figura 1A, que as plantas de sorgo sacarino cresceram consideravelmente dos 30 até os 75 DAS, aumentando de 75 cm a 200 cm de altura. Depois desse período, verificou-se uma redução no porte das plantas aos 90 DAS, para 175 cm. Essa oscilação de altura, observada nas últimas avaliações, pode estar associada ao déficit hídrico que acometeu as plantas aos 60 DAS, correspondente ao mês de maio (Tabela 1).

Muitos processos fisiológicos das plantas são afetados pela deficiência hídrica, como o crescimento, que é controlado pela divisão e expansão celular, então, uma quantidade de água insuficiente mantém as células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduzindo o coeficiente de divisão e a expansão de todas as células (Taiz & Zeiger, 2004).

Tratando-se de plantas de sorgo sacarino, a altura das plantas é de suma importância na produção de etanol (Audilakshmi et al. 2010). Assim, a produção de

biomassa tem como componente primário a produção de colmo, que está diretamente ligada a altura da planta. Dessa maneira, a altura das plantas e o diâmetro do colmo, são características afetadas tanto pelas condições ambientais como pelas práticas de manejo, especialmente arranjo espacial, além de época de semeadura e adubação (EMYGDIO et al., 2011).

O ângulo da folha +3 (Figura 1B) em relação aos DAS, apresentou variação de 2,10 a 2,20 graus na angulação durante o período do experimento, apresentando maior angulação aos 90 DAS. Isso ocorreu, segundo Taiz et al. (2017), por que em algumas espécies, determinadas folhas maximizam a absorção da luz pelo acompanhamento do sol, ou seja, elas ajustam continuamente a orientação de suas lâminas, de modo a permanecerem perpendiculares aos raios solares. Logo, a regulação do ângulo da folha do sorgo sacarino é uma vantagem, evitando assim, absorver um possível excesso de radiação.

Considerando a arquitetura da planta, a absorção de luz é maior em folhas inclinadas perpendicularmente aos raios solares, ou seja, folhas com orientação vertical reduzem a interceptação de luz excessiva (WERNER, 2001). Pensando nisso, maiores angulações têm maior captação de luz. Neste momento, pode-se dizer, que nos 90 DAS ocorreu maior realização de processos fotossintéticos. Essa afirmação também se confirma na Tabela 4, que mostra que esse período teve maior presença de pigmentos fotossintéticos.

Na Figura 1C, nota-se que o ângulo da folha foi também influenciado pelo espaçamento entrelinhas, apresentando maiores angulações à medida que se aumentava o EL. Ou seja, ao aumentá-lo, as plantas não precisavam reduzir a angulação da folha +3, pois havia espaço suficiente para ocorrer distribuição de luz por todo o dossel. Quando se fez a redução do EL, como o de 50 cm, as plantas, possivelmente, precisavam de melhor distribuição da luz, inclinando mais as folhas, permitindo que todas captassem a luminosidade.

Em condições naturais, segundo Taiz et al. (2017), as folhas do topo da planta tendem a apresentar ângulos mais íngremes em relação as partes mais baixas, que aumentam a angulação da lâmina foliar, permitindo que mais luz solar atravesse o dossel. Truong et al. (2015) complementam que a eficiência com que a planta intercepta a radiação solar é determinada pela arquitetura e a regulação da inclinação do ângulo da folha no caule do sorgo, e isso está relacionado a fatores genéticos. Assim, é fomentada a ideia de que há vários fatores que influenciam a angulação da folha, além do

espaçamento, e é necessário mais estudo para melhor entendimento de sua relação com o ambiente.

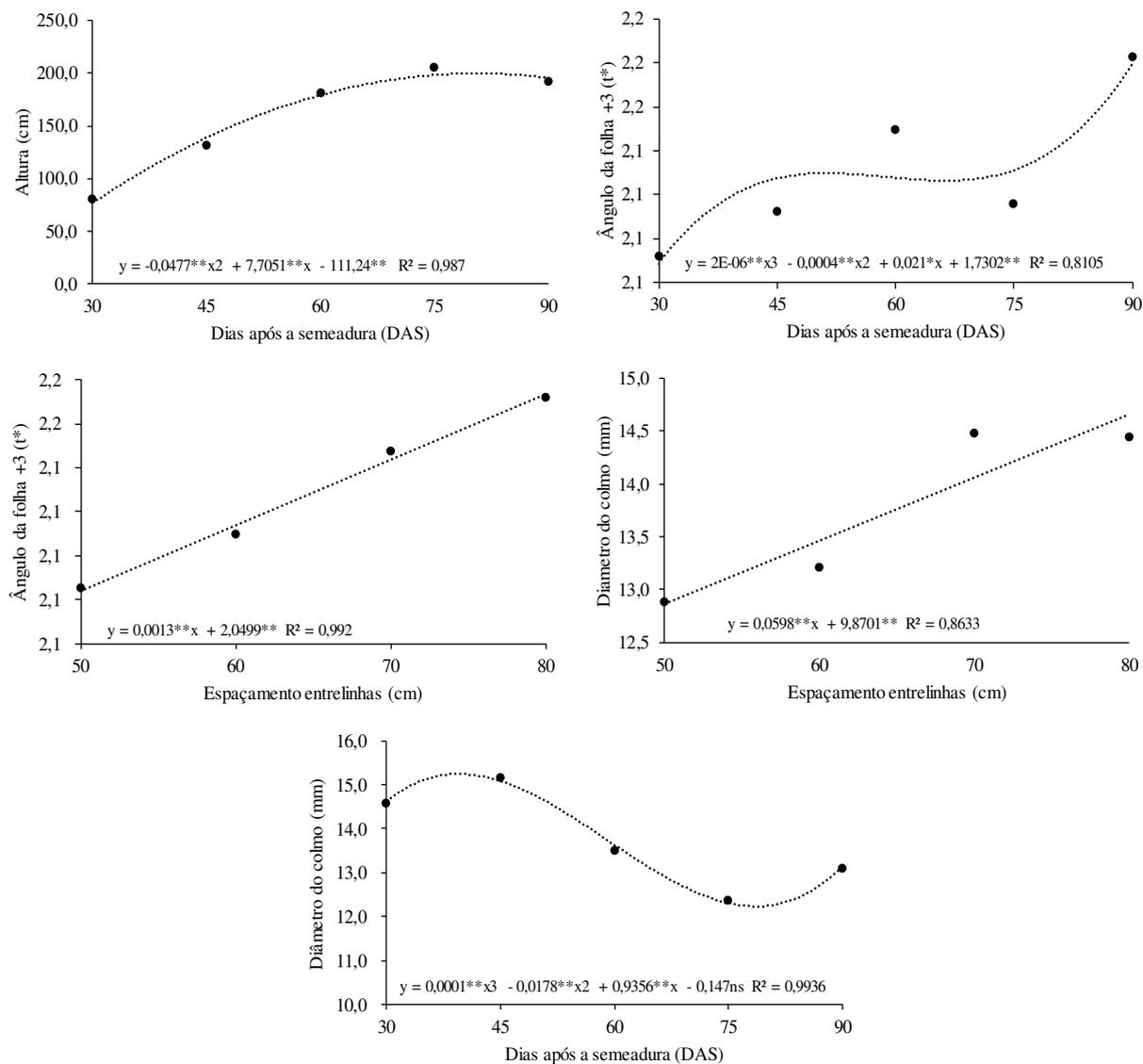
No que diz respeito ao diâmetro do colmo em função do espaçamento entrelinhas (Figura 1D), observou-se um aumento quando as plantas foram submetidas a maiores espaçamentos. Logo, os melhores EL, respectivamente foi o de 70 cm e 80 cm, com diâmetro de colmo médio de 14,5 mm. May et al. (2012c), verificaram ao estudar o cultivar BRS 505, que houve redução do diâmetro do colmo ao se aumentar a população de plantas, apresentando 16,48 mm em maiores espaçamentos e 14,08 mm em menores espaçamentos. Essa redução ocorreu porque teve aumento de competição intraespecífica por fatores essenciais para as plantas, como luz, nutrientes e água. Então, o adensamento de plantas proporcionado pela diminuição do EL, pode causar problemas de percas produtividade, já o sorgo sacarino, quando apresenta menor diâmetro de colmo, é mais sensível ao acamamento, quebramento.

Em termos de diâmetro do colmo (Figura 1E), este foi adaptando-se diferentemente ao longo do tempo. Verificou-se aos 30 DAS, um valor médio de 14,6 mm, que foi reduzindo nas avaliações seguintes até apresentar aos 75 DAS 12,4 mm.

Essa diferença está relacionada a redução hídrica que ocorreu no período dos 60 DAS (Tabela 1). É característico dessa região clima de precipitações irregulares e mal distribuídas geograficamente (MOURA et al, 2007), e isso pode induzir as plantas a situação de estresse por deficiência hídrica.

O número de folhas não foi influenciado pelos espaçamentos entrelinhas, mas sim pelos dias após a semeadura (DAS) (Tabela 4), logo, as plantas tiveram acréscimo na quantidade de folhas até os 60 DAS e após esse período teve uma redução considerável. Isso pode ser explicado pelo fato da planta entrar em senescência natural, diminuindo progressivamente as folhas até o fim do ciclo do cultivar.

**Figura 1:** Altura da planta (A), ângulo da folha +3 (B e C), diâmetro do colmo (D e E) de plantas de sorgo sacarino (BRS 511) produzidos no semiárido (Pentecoste-CE) em função de diferentes espaçamentos entrelinhas.



ns, \*, \*\*: respectivamente, significância pelo teste F quando não significativo, significativo ao nível 5% e significativo ao nível de 1%. (t\*) Transformação de dados pelo sistema Box Cox ( $\lambda = -0,3282828282$ ).

Para a variável CLORa, CLORb, CLORtotal e RELAÇ A/B, não se obteve diferença significativa do EL (Tabela 4). Esses pigmentos estão relacionados ao processo fotossintético da planta. Segundo Taiz & Zieger (2004) a clorofila 'A' tem ação no primeiro estágio do processo fotossintético, enquanto os demais, como a clorofila 'B', são pigmentos que auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. Taiz & Zeiger (2013) explicam que o teor de clorofila é influenciado por diversos fatores bióticos e

abióticos estando interligado diretamente com o potencial fotossintético das plantas. Sendo assim, o único fator dentre os avaliados que diferenciou nas análises de clorofila foi o tempo.

Observou-se que as plantas tiveram valores acentuados de CLORa, CLORb, CLORtotal e RELAÇ A/B, com respectivamente 35,24; 8,34; 43,49; 4,24 aos 30 DAS (Tabela 4) e isso foi decrescendo até voltar a crescer nos 90 DAS. O decréscimo de ambas as variáveis ligadas a esse pigmento, no tempo, sofreu provável foto-oxidação em função das altas taxas de luminosidade, comum em regiões de clima semiárido. Pelo fato da clorofila ser instável, se encontra em constante processo de síntese e degradação, e o excesso de luz pode causar sua fotodestruição (NAKAZONO et al., 2001; ARAÚJO, 2009). Em função disso, há possibilidade da BRS 511 não apresentar mecanismos especiais para proteger o sistema fotossintético do excesso de luminosidade.

**Tabela 4:** Dados de crescimento, valores médios para as variáveis número de folhas (NF), clorofila a (CLORa), clorofila b (CLORb), clorofila total (CLORtotal) e relação clorofila A e B (RELAÇ A/B).

TRATAMENTOS	NF	CLORa	CLORb	CLORtotal	RELAÇ A/B
<b>EL (cm)</b>					
50	6,12 <sup>a</sup>	33,98 <sup>a</sup>	7,7 <sup>b</sup>	41,68 <sup>a</sup>	4,45 <sup>a</sup>
60	6,10 <sup>a</sup>	33,79 <sup>a</sup>	7,91 <sup>ab</sup>	41,70 <sup>a</sup>	4,30 <sup>ab</sup>
70	6,80 <sup>a</sup>	35,47 <sup>a</sup>	8,49 <sup>a</sup>	43,95 <sup>a</sup>	4,24 <sup>b</sup>
80	6,71 <sup>a</sup>	33,64 <sup>a</sup>	8,06 <sup>ab</sup>	41,70 <sup>a</sup>	4,22 <sup>ab</sup>
<b>TEMPO (DAS)</b>					
30	5,88 <sup>b</sup>	35,24 <sup>a</sup>	8,34 <sup>a</sup>	43,49 <sup>a</sup>	4,24 <sup>bc</sup>
45	4,88 <sup>d</sup>	32,99 <sup>b</sup>	7,24 <sup>b</sup>	40,23 <sup>b</sup>	4,58 <sup>a</sup>
60	8,88 <sup>a</sup>	33,11 <sup>b</sup>	8,43 <sup>a</sup>	41,54 <sup>b</sup>	3,99 <sup>c</sup>
75	6,41 <sup>b</sup>	33,45 <sup>b</sup>	7,87 <sup>b</sup>	41,32 <sup>b</sup>	4,34 <sup>ab</sup>
90	6,13 <sup>bc</sup>	36,30 <sup>a</sup>	8,31 <sup>a</sup>	44,61 <sup>a</sup>	4,37 <sup>abc</sup>

<sup>a, b e c</sup> Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância a 5%.

## - Experimento II

Pode-se perceber, no resumo da análise de variância da Tabela 5, que houve diferença das variáveis massa fresca da folha (MFF), massa fresca do colmo (MFC), massa fresca total (MFT) e massa seca da folha (MSF) submetidas a diferentes espaçamentos entrelinhas (EL), e que não ocorreu efeito desse fator na massa seca do

colmo (MSC) e massa seca total (MST). Nota-se também que todas as variáveis tiveram influência do espaçamento entre plantas (EP).

Avaliando o espaçamento entrelinhas em relação as variáveis MFF, MFC, MFT e MSF foi possível estabelecer que a melhor distância entrelinhas do cultivar de sorgo sacarino, foi de 50 cm, porque notou-se que ao aumentar esse fator, conseqüentemente diminui os valores das variáveis avaliadas (Figura 2A, 2C, 2E, 2G).

**Tabela 5:** Resumo da ANOVA para as variáveis massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do colmo (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC) e massa seca total (MST) em função do espaçamento entrelinhas (EL) e espaçamento entre plantas (EP).

FV	GL	MFF	MFC	MFT	MSF	MSC	MST
		----- QM -----					
Bloco	3	7,420 <sup>ns</sup>	29,705 <sup>ns</sup>	124,942 <sup>*</sup>	0,341 <sup>ns</sup>	19,579 <sup>ns</sup>	26,115 <sup>ns</sup>
EL	3	18,437 <sup>**</sup>	237,345 <sup>*</sup>	347,819 <sup>**</sup>	2,715 <sup>**</sup>	15,088 <sup>ns</sup>	27,359 <sup>ns</sup>
EP	2	48,395 <sup>**</sup>	724,345 <sup>**</sup>	1092,922 <sup>**</sup>	10,465 <sup>**</sup>	102,684 <sup>**</sup>	179,560 <sup>**</sup>
ELxEP	6	3,309 <sup>ns</sup>	84,512 <sup>ns</sup>	70,707 <sup>ns</sup>	0,719 <sup>ns</sup>	8,572 <sup>ns</sup>	15,162 <sup>ns</sup>
Erro	33	2,629	62,156	41,327	0,241	12,027	15,289
TOTAL	47	-	-	-	-	-	-
CV%		26,48	29,01	19,28	17,41	38,23	31,31

FV: fatores de variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação; EL: espaçamento entrelinhas; EP: espaçamento entre plantas. <sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> respectivamente, não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F da análise de variância (ANAVA).

Fernandes et al. (2014) verificaram resultados semelhantes ao estudar o cultivar de sorgo sacarino BRS 506, que obteve ganhos de massa fresca total quando reduziu a distância entrelinhas de 80cm para 50 cm. May et al. (2012b), que também avaliaram o arranjo de sorgo sacarino, verificaram que a redução do EL dá ganhos significativos para as variáveis da biomassa. A produção de MFT reduziu a medida que o espaçamento entrelinhas foi aumentado, resultados semelhantes foram observados por May et al. (2012b), onde houve uma redução de 10,63% em biomassa fresca quando se reduziu de 80 para 50 cm o espaçamento entrelinha. Este resultado, demonstra que o sorgo sacarino não tem grande capacidade de compensação na produtividade de biomassa total com alteração no número de linhas cultivadas por hectare.

Na literatura encontram-se resultados que elucidam que o incremento de biomassa está relacionado a vários fatores além do espaçamento, como a espécie, o cultivar e o ambiente. Não é necessário distanciar-se muito do sorgo sacarino para confirmar isso. Como na pesquisa de Rabelo et al (2012), que avaliaram em Minas Gerais, outro tipo de

sorgo, o granífero, e perceberam que o EL de 80 cm causou redução da massa fresca total, ou massa verde, das plantas. Assim, justificou que ao aumentar o EL, diminui-se a biomassa porque há menor competição intraespecífica por fatores essenciais. Já em avaliação do tipo forrageiro, no Estado do Rio Grande do Sul, Neumann et al (2010), perceberam que a biomassa desse sorgo aumenta em maiores espaçamentos.

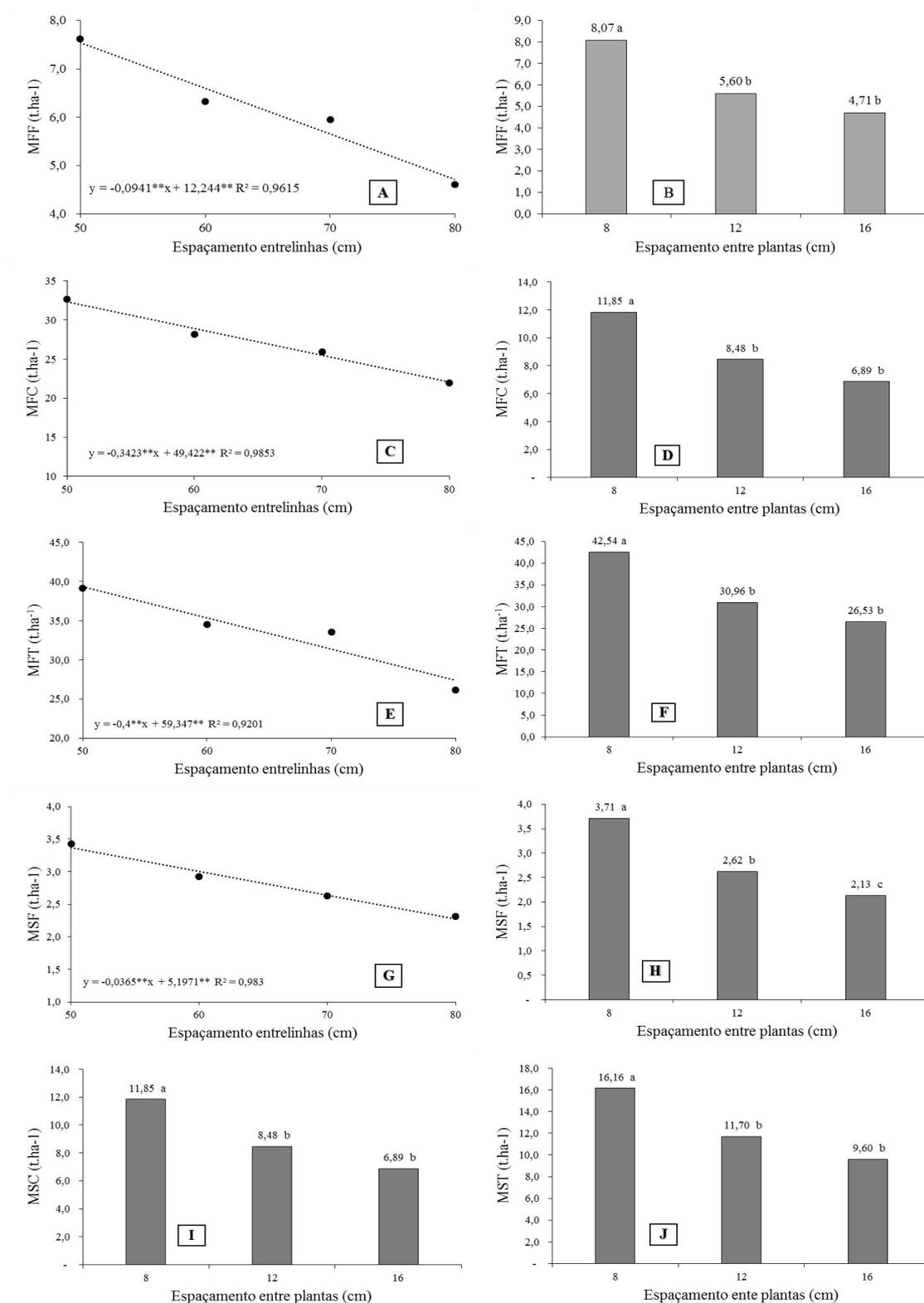
Quando se avaliou o espaçamento entre plantas (EP), constatou-se que as plantas obtiveram ganhos significativos de massa quando foram distanciadas em 8 cm, para todas as variáveis estudadas (Figura 2B, 2F, 2H, 2I, 2J). O EP de 12 e 16 cm obtiveram menos incremento de biomassa e não diferiram entre si. Ou seja, obteve-se maiores valores em maiores densidades de plantio.

Isso ocorreu possivelmente porque ao aumentar a densidade de plantas de sorgo sacarino por área, ainda foi possível captar os recursos para adquirir biomassa, com melhor aproveitamento do que com maiores distância de área. Onde a água e os nutrientes poderiam estar sendo perdidos ou absorvidos por plantas mais especializadas na captação, como as plantas daninhas. Então o aumento de plantas por hectare foi um dos fatores que influenciou o acréscimo na quantidade de biomassa. Esses resultados não contrastam com Terra (2010), que ao avaliar sorgo granífero, teve maior incremento de massa seca das folhas quando teve menor densidade de plantio.

A tomada de decisão quanto ao espaçamento entrelinhas e entre plantas deve ser adotada com bastante atenção, porque a utilização de maiores densidades de plantas dentro da linha pode vir a ser um fator limitante que poderá impedir a expressão do potencial de produção de novos cultivares (LAMANA, 2007).

É importante citar que a região de estudo, durante o experimento, estava em situação de seca, sendo atualmente, segundo CEDEC (2017), o septuagésimo terceiro do estado do Ceará a alertar situação de emergência hídrica. Mesmo assim, o BRS 511 conseguiu completar seu ciclo, crescendo e adquirindo biomassa. Então, diante disto, recomenda-se o cultivo de sorgo sacarino para essa região, justamente por sua adaptação edafoclimática.

**Figura 2:** Avaliação da biomassa de plantas de sorgo sacarino em Pentecoste- CE. (A e B) Massa fresca das folhas (MFF); (C e D) massa fresca do colmo (MFC); (E e F) massa fresca total (MFT); (G e H) massa seca das folhas (MSF); (I e J) massa seca do colmo (MSC) em função do espaçamento entre plantas e do espaçamento entre plantas.



Letras diferentes sobre as colunas comparam os diferentes espaçamentos entre plantas e indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Valores com \*, \*\* e ns nas regressões indicam níveis de significância a 1%, 5% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

## **5. CONCLUSÃO**

Para o crescimento do cultivar BRS511 no semiárido cearense, indica-se o espaçamento entrelinhas de 70 cm, com uma população total de 166.667 plantas por hectare.

Para a biomassa do sorgo sacarino, cultivar BRS511, recomenda-se reduzir a densidade de plantas para 50 cm entrelinhas e 0,8 cm entre plantas, obtendo-se 250.000 plantas por hectare.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENTA, 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. ISSN 0103-8478

AGUIAR, M J. N.; VIANA T. V. A.; AGUIAR, J. V.; JÚNIOR R. R. C.; AQUINO, F. C.; JÚNIOR, J. H. C. B. Dados climáticos: estação de Pentecoste, **Embrapa Agroindústria Tropical**, Documento 87, 2004. Fortaleza. p. 16. 2003.

ALMEIDA, J, R, M; FÁVARO, C, L. Leveduras para produção de etanol de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**. Ano II, nº 3, Agosto.2011.

ALMODARES A, et al Stalk yield and carbohydrate composition of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivars and lines at different growth stages. **Malesian Applied Biology Jorurnal**. 2008.

AQUINO, A, F. et al. O etanol da cana de açúcar: possibilidades energéticas da região de ceará-mirim-rn. **Holos**, Ano 30, v. 1. 2014.

ARAUJO, S, M, S. A região semiárida do nordeste do brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios eletrônica – Revista Científica da FASETE**, ano 5, n. 5. 2011.

ARAUJO, S, A, C. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472. 2009.

ARAÚJO, S, M, S. A região semiárida do nordeste do brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE**. p. 2 – 4. Ano 5. n- 5. 2011.

ASSIS, R, T; et al. Arranjo espacial de plantas na cultura da soja. Circular Técnica 04. **Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias E Humanas (ISAH)** - Araxá – MG. 2014.

AUDILAKSHMI, S.; MALL A. K.; SWARNALATHA, M.; SEETHARAMA, N. Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose content, stalk and juice yield in sorghum. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 34, p. 813-820, 2010.

CEDEC. **Municípios em Situação de Emergência por estiagem/seca**. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Ceará. Fortaleza. 2017.

DURAES, F, O, M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. **Embrapa Agroenergia**, ano 2, n.3, 2011.

DURÃES, F, O, M; et al. Sistema Agroindustrial do Sorgo Sacarino no Brasil e a participação público privada: oportunidades, perspectivas e desafios. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas – MG, 2012.

EMYGDIO, B. M; CHIELLE, Z. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para a produção de etanol sob diferentes densidades de plantas. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas. 2011.

EMYGDIO, B. M; CHIELLE, Z. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para a produção de etanol sob diferentes arranjos de plantas. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas. 2013.

FARREL, A, E. et al. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. **Science**. Vol. 311, p. 506-508. 2006.

FERNANDES, P, G. et al. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas sementeira. **Ciência Rural**. Santa Maria. 2014.

IPA. Cultura do sorgo. **Instituto Agrônomo de Pernambuco**. Recife. 2008.

ISGA. **Manual de melhores práticas agrícolas**. Versão 1.0. 2010. Disponível em < [http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/projetos/Manual\\_de\\_Melhores\\_Praticas\\_Agricolas.pdf](http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/projetos/Manual_de_Melhores_Praticas_Agricolas.pdf) > Acesso em 02 de junho de 2017.

LAMANA, M, C, L. **Effect of spacing between plants on growth and forage yield of two maize (zea mays l.) cultivars**. Dissertação. Department of Agronomy - University of Khartoum. 2007.

LOURENÇÃO, A, L, F. **Tecnologias para a Cultura do Sorgo (Sorghum bicolor L. Moench)**. In: Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno. 2012. Cap 11.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPACNPMS, 4 p. 2008.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G. de.; SOUZA, R.B. de. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (Ed.) **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.143-168. 1999.

MAY, A. Boas práticas agrícolas para o cultivo de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**. Ano II, nº 3. 2011.

MAY, A; et al. Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa. **Embrapa Milho e Sorgo**, Documento 139. 2012 a. ISSN 1518-4277.

MAY, A. et al. **Influência do arranjo de plantas no desempenho produtivo de sorgo sacarino (Sorghum bicolor (L.) Moench)**. In: Congresso nacional de milho e sorgo, Sete Lagoas-MG. 2012 b.

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

MAY, A. et al. Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas - MG. 2013.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília: MIN/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2005.

MOURA, M.S.B. et al. Clima e água de chuva no semiárido. BRITO, L.T.de L.; MOURA, L.T.de L.; GAMA, G.F.B (org.). In: POTENCIALIDADES DA ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Embrapa semiárido**. Petrolina, 2007.

NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C.; FUTATSUG, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 173-179. 2001.

NEUMANN, M. et al. Efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n.2, p.165-181, 2008.

NÓBILE, F. O; NUNES, H.D. Avaliação da produção de etanol e cogeração de energia pela cultura do sorgo sacarino. **Revista Uniara**, v.17, n.1, 2014.

PARELLA, R, A , C; et al. BRS 511- Variedade de Sorgo Sacarino para Produção de Etanol. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, MG Dezembro, 2011. ISSN 1679-0162.

PONTES, G. M. **Avaliação da produtividade de biomassa de capim elefante e sorgo sacarino no estado do Ceará para uso energético**. 2013. 103 f. Dissertação - Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – EESP – FGV, São Paulo, 2013.

QUEIROZ, V, A, V. et al. O Sorgo na Alimentação Humana. **Embrapa Milho e Sorgo**, Circular Técnica - 133, Sete Lagoas, 2009.

RABELO, F, H, S. et al. Parâmetros agronômicos do sorgo em razão de estratégias de semeadura e adubação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.5, n.1. 2012.

RAO, S, P. et al. **Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement. India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**. 80 pp. 2009. ISBN: 978-92-9066-518-2.

RIBAS, P.M. Cultivo do Sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de produção 2 – versão eletrônica - 3ª edição. 2007. ISSN 1679-012X.

RODRIGUES, J, A, S. et al. Cultivo do Sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção 2. 2012. ISSN 1679-012X.

ROSA, W.J. Cultura do Sorgo. **Emater** – MG. 2012. Disponível em < [http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL\\_TECNICO/a%20cultura%20do%20sorgo.pdf](http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL_TECNICO/a%20cultura%20do%20sorgo.pdf) > acesso em 25 de fevereiro de 2017

SANS, L. M. A.; A. V. de C. DE MORAIS; D. P. GUIMARÃES. Época de plantio de sorgo (Comunicado Técnico). **MAPA**. Sete Lagoas, 2003.

SANTOS, R. F. et al. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. v.4, p. 01- 12. 2015

SHOEMAKER, C, E; BRANSBY, D, I. The role of sorghum as a bioenergy feedstock. In: Sustainable Alternative Fuel Feedstock Opportunities, Challenges and Roadmaps for Six U.S. **Regions. Soil and Water Conservation Society**. 2010. Cap 9.

SILVA, A, G; et al. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agronômicos do híbrido de milho p30k75 em rio verde, Goiás. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 89-96, 2008.

SORDI, René de Assis. Sorgo sacarino para a produção de etanol: uma visão do produtor e da usina de cana-de-açúcar. **Agroenergia em Revista**. Ano II, nº 3, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed.. Porto Alegre: Artmed. 2013. 820 p.

TAIZ, L.; ZIEGLER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed.. Porto Alegre: Artmed, 2004. 693 p.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

TERRA, T, G, R. et al. Desenvolvimento e produtividade de sorgo em função de diferentes densidades de plantas. **Biosci. J**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 208-215. 2010.

TRUONG, K, S. et al. Harnessing genetic variation in leaf angle to increase productivity of sorghum bicolor. **Genetics**. Vol. 201, 1229–1238. 2015.

VEAL, M. W; CHINN, M. S; WHITFIELD, M. B. **Sweet Sorghum Production to Support Energy and Industrial Products**. Nc State University, Carolina do Norte, 2014.

VINUTA, K, S. et al. Sweet Sorghum Research and Development in India: Status and Prospects. **Sugar Tech**. 2014.

WERNER, C; RYEL, R, J; CORREIA, O. & BEYSCHLAG, W. Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance. **Acta Oecologica** 22: 129-138. 2001