

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DANSLEY PINHEIRO DE SOUSA

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE MILHO EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS NO BAIXO PARNAÍBA
MARANHENSE**

Chapadinha – MA

2017

DANSLEY PINHEIRO DE SOUSA

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE MILHO EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS NO BAIXO PARNAÍBA
MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso de Agronomia
do Centro de Ciências Agrárias e
Ambientais da Universidade Federal
do Maranhão, para obtenção do grau
de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mariléia
Barros Furtado de Moraes Rêgo.

Chapadinha – MA

2017

DANSLEY PINHEIRO DE SOUSA

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE MILHO EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS NO BAIXO PARNAÍBA
MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Mariléia Barros Furtado de Moraes Rêgo.

Aprovada: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Mariléia Barros de Moraes Rêgo
Doutora em Agronomia/UFMA
(Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Maryzélia Furtado de Farias
Doutora em Agronomia/UFMA
(Avaliadora)

Prof. Dr. Gregori da Encarnação Ferrão
Doutor em Fisiologia/UFMA
(Avaliador)

Chapadinha – MA

2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo (a) autor (a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Dansley Pinheiro de. Análise de crescimento de milho em função de diferentes arranjos populacionais no baixo Parnaíba Maranhense / Dansley Pinheiro de Sousa. - 2017.

28 f.

Orientador(a): Mariléia Barros Furtado de Moraes Rêgo Rêgo.

Monografia (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, 2017.

1. Espaçamento. 2. Morfofisiológica. 3. Zea Mays L. I. Rêgo, Mariléia Barros Furtado de Moraes Rêgo. II. Título.

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. E a minha mãe Maria Leuda e minha vó Maria Batista que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida. Agradeço a minha professora orientadora, amigos e funcionários do CCAA que tiveram paciência e me ajudaram bastante a concluir este trabalho, agradeço também aos meus professores que durante muito tempo me ensinaram e que me mostraram o quanto estudar é bom.

DEDICO.

A minha mãe Maria Leuda e minha vó Maria Batista e minha namorada Johnniely Bezerra que sempre me apoiaram neste ramo das ciências agrárias e sempre propuseram a me ajudar e a todos os meus amigos do CCAA UFMA.

OFEREÇO.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de solo da área experimental-----	4
Tabela 2. Valores médios de resistência mecânica à penetração, em MPa, nos diferentes espaçamentos e profundidades de solo. -----	7
Tabela 3. Produção de massa seca total (g m^{-2}) de plantas de milho em diferentes espaçamentos entrelinhas.-----	8
Tabela 4. Índice de área foliar ($\text{m}^{-2} \text{ m}^{-2}$) de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinha. -----	9
Tabela 5. Valores produtividade de espigas sem palha (Mg.ha^{-1}) para os diferentes espaçamentos entrelinhas, na cultura de milho. -----	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação média acumulada mensal na cidade de Chapadinha –MA. -----	3
Figura 2. Produção de matéria seca total (g m^{-2}) de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinhas. -----	9
Figura 3. Índice de Área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinhas. -----	10
Figura 4. Taxa de crescimento da cultura ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinhas. -----	11
Figura 5. Taxa de crescimento relativo ($\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$) de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinhas. -----	12
Figura 6. Taxa assimilatória líquida ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinhas. -----	13
Figura 7. Razão de área foliar ($\text{m}^{-2} \text{g}^{-1}$) de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinhas. -----	14
Figura 8. Duração de área foliar ($\text{dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$.) de plantas de milho cultivadas em diferentes espaçamentos entrelinhas. -----	15

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	2
MATERIAL E MÉTODOS	3
RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS	18

1 **Análise de crescimento de milho em função de diferentes arranjos populacionais no baixo**
2 **Parnaíba Maranhense**

3 Dansley Pinheiro de Sousa¹, Mariléia Barros Furtado²

4 **RESUMO**

5 O milho (*Zea mays* L.), sem dúvida, é o cereal mais produzido e consumido no mundo. A
6 utilização do espaçamento reduzido entre as plantas, contribui na interceptação da radiação solar pela
7 disposição nos diferentes arranjos das plantas. Objetivou-se avaliar o crescimento de plantas de milho em
8 diferentes arranjos populacionais cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico, na região do Baixo
9 Parnaíba Maranhense. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da
10 Universidade Federal do Maranhão, localizado no município de Chapadinha, foi utilizado o delineamento
11 experimental em blocos casualizados com cinco tratamento e quatro repetições, totalizando 20 parcelas.
12 Os espaçamentos entrelinhas de plantas de milho (1,00; 0,83; 0,70; 0,62 e 0,55m) que corresponde às
13 diferentes densidades populacionais (50.000 pl. ha⁻¹; 60.240 pl. ha⁻¹; 71.428 pl. ha⁻¹; 80. 645 pl. ha⁻¹ e
14 90.909 pl. ha⁻¹, respectivamente). As parcelas foram dimensões fixas de 4x5 m, sendo que em cada
15 densidade populacional de plantas serão obtidos diferentes números de fileiras (5, 6, 7, 8 e 9 fileiras,
16 respectivamente). O espaçamento de 0,55m se mostrou com maiores MST; IAF; TCC; e maior
17 produtividade de espiga em relação aos demais. O espaçamento de 1,0m obteve maiores TCC, TCR e
18 TAL no final do ciclo por apresentar menos adensamento e menor resistência mecânica a penetração.

19 PALAVRAS-CHAVE: Espaçamento; *Zea Mays* L.; Morfofisiológica

20 **ABSTRACT**

21 Corn (*Zea mays* L.) is undoubtedly the most produced and consumed cereal in the world.
22 The use of reduced space between plants contributes to the interception of solar radiation for different
23 plant arrangements. The objective of this study was to evaluate the growth of maize plants in different
24 population arrangements cultivated in Yellow Latosol Distrophic, in the region of Baixo Parnaíba
25 Maranhense. The experiment was conducted at the Center of Agrarian and Environmental Sciences of the
26 Federal University of Maranhão, located in the municipality of Chapadinha. The experimental design was
27 a randomized block with five treatments and four replications, totaling 20 plots. The spacings between
28 rows of maize plants (1.00, 0.83, 0.70, 0.62 and 0.55m) corresponding to the different population
29 densities (50,000 pl.ha⁻¹, 60,240 pl Ha⁻¹; 71,428 Pl. Ha⁻¹, 80, 645 pl.ha⁻¹ and 90,909 pl. Ha⁻¹,
30 respectively). As parcels were fixed dimensions of 4x5 m, and in each population density of plants we
31 obtain different numbers of files (5, 6, 7, 8 and 9 rows, respectively). The spacing of 0.55m showed with
32 more MST; IAF; TCC; And higher yield of spike in relation to the others. The spacing of 1.0 m obtained
33 higher TCC, TCR and TAL without end of cycle by presenting less densification and lower mechanical
34 resistance to penetration

35
36 KEYWORDS: Spacing; *Zea Mays* L. ; Morphological

38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62

INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.), é o cereal mais produzido e consumido no mundo, como insumo principal na produção de proteína animal, na alimentação humana e, também, na produção de biocombustíveis. O mercado de milho, nos cenários mundial e nacional, convive constantemente com uma alta volatilidade dos preços. Isso gera, muitas vezes, incerteza quanto à área e melhor época de plantio deste cereal. No Brasil, a dinâmica de plantio do milho pode ser feita em diversos momentos do ano, devido às condições edafoclimáticas diversas existentes no país, vez que há disponibilidade desse cereal praticamente o ano todo (Conab 2015).

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de milho ficando responsável por cerca de 6% total do montante produzido e por aproximadamente 10% da área cultivada, correspondendo a uma produção de 60 milhões de toneladas (Silva 2012).

A análise do crescimento constitui uma parte da fisiologia vegetal em que se faz uso de fórmulas e modelos matemáticos para aferir índices de crescimento das plantas, sendo muito deles pertinentes com a atividade fotossintética. Esta análise se baseia em diversos índices fisiológicos para análise quantitativa do crescimento de plantas, tais como a taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativa (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), duração da área foliar (DAF) e índice de área foliar (IAF). Pelo fato da análise de crescimento estar baseada na determinação das variações morfofisiológicas das plantas, pode ser utilizada de forma segura, na avaliação do crescimento final, pois cerca de 90% da matéria seca acumulada é resultante da atividade fotossintética, sendo o restante acumulado pela absorção de nutrientes do solo (Benincasa 2004).

Para a cultura do milho cada vez mais tem aumentado o incentivo pelo uso de espaçamentos reduzidos para maiores produções e produtividades e novas cultivares foram desenvolvidas para a condução da lavoura nestas condições de adensamento de plantas, proporcionando maior rendimento aos produtores. O adensamento populacional de plantas é

63 bastante notado pela literatura como um dos fatores que afetam a produtividade, podendo
64 influenciar o desempenho econômico do produtor (Skonieski et al. 2014).

65 Compreende-se que o espaçamento mais utilizado no Brasil e também no Maranhão
66 é de 0,80 a 0,90 m entre linhas tendendo por uma maior redução deste espaçamento (Cruz 2010).
67 É de suma importância o incremento de conhecimento que possa servir de base para
68 recomendações na região tanto para grandes produtores como para agricultores familiares.

69 Com isso objetivou-se avaliar o crescimento de plantas de milho em diferentes
70 arranjos populacionais cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico, na região do Baixo Parnaíba
71 Maranhense.

72

73

MATERIAL E MÉTODOS

74 O experimento foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da
75 Universidade Federal do Maranhão, localizado no município de Chapadinha (3° 44' 30''S, 43°
76 21' 37''W e 105 m de altitude). O clima é classificado como tropical úmido, apresentando
77 temperatura média anual superior a 27°C, com máximas de 37°C e mínimas de 21°C (Selbach &
78 Leite 2008), O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (LAd), textura franco-
79 arenosa (Santos et al. 2013).

80

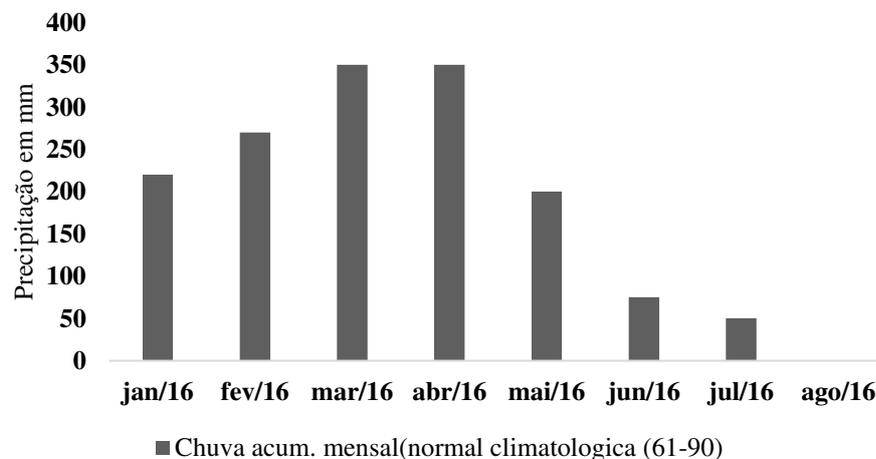
81

82

83

84

85



86

Figura 1. Precipitação média acumulada mensal na cidade de Chapadinha –MA.

87 Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco
 88 tratamento e quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Os tratamentos consistiam em diferentes
 89 espaçamentos entre linhas de plantas de milho (1,00; 0,83; 0,70; 0,62 e 0,55m) que corresponde
 90 às diferentes densidades populacionais (50.000 pl. ha⁻¹; 60.240 pl. ha⁻¹; 71.428 pl. ha⁻¹; 80. 645
 91 pl. ha⁻¹ e 90.909 pl. ha⁻¹, respectivamente). Portanto o adensamento populacional dimensionou
 92 apenas ao espaçamento entre linha, permanecendo o espaçamento de 0,2m entre plantas na
 93 semeadura (5 plantas por metro linear).

94 As parcelas tiveram dimensões fixas de 4 x 5 metros, sendo que em cada densidade
 95 populacional de plantas foram obtidos diferentes números de fileiras (5, 6, 7, 8 e 9 fileiras,
 96 respectivamente). A área total do ensaio foi aproximadamente 460 m², e a área útil de cada
 97 parcela utilizada para a coleta das plantas para análises de crescimento apresentam dimensões
 98 que variaram conforme o tratamento em cada parcela.

99 Para as coletas para o espaçamento de 1,0m foram utilizadas as duas linhas centrais
 100 (6 m²), para 0,83m e 0,70m foram utilizadas as três linhas centrais (7,47 m² e 6,3 m²,
 101 respectivamente), para 0,62m as quatro linhas centrais (6,44m²) e para 0,55m as cinco linhas
 102 centrais (6 m²). Conforme o espaçamento empregado para cada tratamento, sempre dispensando
 103 a bordadura.

104 Foi utilizado preparo convencional do solo, utilizando preparo inicial com grade
 105 aradora e posteriormente grade niveladora. Com base nos resultados da análise química do solo
 106 (Tabela 1), foi considerado a não necessidade de realização da calagem, visto a sua utilização
 107 nos cultivos antecedentes.

108 Tabela 1. Análise de solo da área experimental

pH CaCl	M. O	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC
	g. Kg	mg. dm ³				cm. dm ³			
4,80	21,10	17,80	0,07	2,66	0,64	0,00	2,32	3,37	5,68

109

110 A adubação obedeceu às recomendações de acordo com Ribeiro et al. (1999), e com
111 base nos resultados químicos obtidos pela análise de solo. Para tanto, foi considerado a
112 recomendação para adubação do milho verde, modalidade na qual foram colhidas apenas as
113 espigas, permanecendo o restante da planta na área. A fórmula de adubação foi preparada
114 mediante a mistura dos adubos simples: Ureia, Superfosfato Simples, Cloreto de Potássio e
115 Sulfato de Zinco. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, de acordo com a
116 necessidade da cultura.

117 A cultivar de milho utilizada foi a variedade BR 5037 Cruzeta, cultivar de ciclo
118 precoce (90 dias), baixo porte e alta resistência ao estresse hídrico (Carvalho et al. 2005). A
119 semeadura foi realizada manualmente utilizando barbantes pré-marcados com os diferentes
120 espaçamentos entre fileiras, de acordo com a metodologia utilizada por Bezerra et al (2009).

121 A adubação de plantio foi realizada por ocasião da semeadura utilizando-se
122 nutrientes nas seguintes doses: 25 Kg. ha⁻¹ de N, 100 Kg. ha⁻¹ de P₂O₅, 80 kg. ha⁻¹ de K₂O e 4
123 Kg. ha⁻¹ de Zn, com base nos resultados da análise de solo. Foram semeadas três a quatro
124 sementes por cova, a fim de garantir adequado estande de semeadura, realizando-se
125 posteriormente o desbaste.

126 Realizou-se duas adubações de cobertura aos 15 e 30 dias após a emergência das
127 plântulas, utilizando-se 60 e 30 Kg de N, respectivamente por hectare, aplicados a lançaço.

128 A observação dos parâmetros fisiológicos das plantas (acúmulo de matéria seca e
129 área foliar) foi realizada segundo metodologia proposta por (Benincasa 2004), três plantas por
130 parcela, sendo estas colhidas ao acaso, em quatro avaliações, devidamente espaçadas para
131 abranger cada uma das fases da cultura, a saber: duas durante o período vegetativo (aos 15, 30
132 DAE), uma durante o florescimento (aos 45 DAE), e a última durante o período de enchimento
133 de grãos (aos 60 DAE). Para a determinação da AF, as folhas foram desprendidas das plantas no
134 ponto de inserção da bainha com o colmo, limpas com papel toalha e posteriormente escaneadas.
135 Foi utilizado o programa Image Tool 3.0 Uthscsa (2002) para quantificação da área foliar.

136 Para análise de crescimento das plantas utilizou-se o programa Anacres onde foram
137 feitas as transformações dos dados de área foliar (m^2) para IAF ($m^2 m^{-2}$) observado, foram
138 consideradas as populações de plantas contidas por m^2 em cada tratamento (espaçamento). Dessa
139 forma foram consideradas nos espaçamentos de 1,0m, 0,83m, 0,70m, 0,62m e 0,55m as
140 populações de 5, 6, 7, 8 e 9 plantas m^2 respectivamente, para obtenção do IAF.

141 Assim, procedeu-se à seguinte equação: $IAF (m^2 m^{-2}) = \text{População de plantas}/m^2 \times$
142 $AF (m^2) / N^{\circ}$ de plantas coletadas.

143 A partir da AF e da MS e através do programa ANACRES (Portes & Castro 1991)
144 foram calculados os seguintes parâmetros fisiológicos: a) **índice de área foliar (IAF)**,
145 determinado pela relação entre a AF média de uma planta, em m^2 , e a superfície correspondente
146 de terreno, sendo as curvas ajustadas, em função do tempo, por uma equação exponencial
147 quadrática; b) **taxa de crescimento da cultura (TCC)**, determinada por meio da derivada da
148 equação ajustada da matéria seca total em relação ao tempo, em $g m^{-2} dia^{-1}$; c) **taxa de**
149 **crescimento relativo (TCR)**, expressa em $g g^{-1} dia^{-1}$ e calculada pelo quociente entre a TCC e a
150 MS; d) **taxa assimilatória líquida (TAL)**, determinada pela razão entre a TCC e o IAF, em $g m^{-2}$
151 dia^{-1} ; e) **razão de área foliar (RAF)**, definida como sendo o quociente entre a AF e a MS; f)
152 **duração da área foliar (DAF)** definida pela integral do IAF contra o tempo.

153 Para se obter os dados de Resistência Mecânica à Penetração foi utilizado o
154 penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, com massa total de 7,5 kg e êmbolo de
155 4 kg, altura da haste de 70 cm e haste de suspensão do êmbolo de 40 cm (Stolf et al. 1983).

156 Os resultados foram submetidos à análise de variância as médias da MST, IAF,
157 Resistência mecânica a penetração e produtividade de espigas e serão comparadas pelo teste de
158 Duncan a 1% e 5% de probabilidade, com auxílio do software Assistat (Francisco & Carlos
159 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

160
161 Após a colheita aos 70 DAE, foi verificada a Resistência Mecânica a Penetração no
162 solo em dois pontos por parcela até a profundidade de 30 cm. Foram coletadas amostras de solo
163 nas parcelas para se determinar o teor de água no solo, em que as amostras foram submetidas à
164 estufa de secagem de solo a 60°C até atingirem massa constante.

165 Os maiores valores de resistência mecânica a penetração está nos espaçamentos de
166 0,83 e 0,70 m, nas maiores profundidades de forma geral obtiveram plantas menores, com isso
167 interferindo diretamente no acúmulo de massa seca e índice de área foliar em quase todos os
168 períodos de observação (Tabela 2). O espaçamento de 1,0m obteve menores valores de
169 resistência mecânica a penetração, por conta disso obteve boa produtividade por conta da maior
170 permanência das plantas na área no final do ciclo.

171 Tabela 2. Valores médios de resistência mecânica à penetração, em MPa, nos diferentes
172 espaçamentos e profundidades de solo.

Espaçamentos (m)	Profundidade (m)			Teor de Água (%)
	0,0 - 0,1	0,1 -0,2	0,2 -0,3	
1,0	3,53 a	3,13 a	3,06 b	10,23 a
0,83	4,62 a	5,13 a	4,53 ba	6,69 a
0,70	4,49 a	5,82 a	5,64 a	6,79 a
0,62	4,77 a	5,22 a	5,13 a	6,71 a
0,55	4,01 a	4,44 a	4,36 ba	6,84 a
CV%	34,11	35,04	25,34	31,72
f	0,7655	0,2555	0,0701	0,2081

178
179 *Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Duncan ao nível
180 de 5% de probabilidade.

181 Os maiores valores de massa seca total observados no espaçamento de 0,55 m ao
182 longo de todo o experimento, provavelmente estão relacionados à resposta positiva da cultivar ao
183 incremento na densidade populacional. Em condições de menores espaçamentos as plantas
184 obtêm uma maior interceptação da radiação solar, o que lhes proporciona um desenvolvimento
185 morfológico superior (Tabela 3).
186

187 Conforme relatam Piana et al., (2008) um dos grandes problemas da utilização de
 188 baixas populações de plantas de milho é a redução na interceptação da radiação solar em virtude
 189 do não perfilhamento e do baixo incremento no número e no tamanho das folhas.

190 Os menores valores de MST constatados aos 15, 30 e 60 DAE nos espaçamentos de
 191 0,83 e 0,70 m podem estar relacionados a maior resistência mecânica à penetração constatada
 192 quando as plantas foram cultivadas nas parcelas que receberam esses espaçamentos.

193 Tabela 3. Produção de massa seca total (g m^{-2}) de plantas de milho em diferentes
 194 espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento (m)	Dias após emergência (DAE) ¹			
	15	30	45	60
1,0	25,600 a	271,791 ab	303,050 b	1186,768 bc
0,83	6,870 c	163,170 b	313,702 b	973,030 c
0,70	16,412 b	173,416 b	549,185 ab	1302,297 bc
0,62	21,160 ab	217,880 ab	545,560 ab	1587,940 b
0,55	18,188 ab	355,556 a	752,197 a	2112,930 a
Teste F	**	*	*	**
CV%	30,49	36,25	36,36	20,33

195 ¹ * e ** Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo
 196 teste Duncan a 5% e a 1% de probabilidade, respetivamente.

197
 198 Brachtvogel et al. (2012) constataram decréscimo da massa seca por planta com o
 199 aumento da população de plantas, como resultado da competição intraespecífica por recursos
 200 ambientais, o que não foi observado no presente estudo. Provavelmente o maior adensamento
 201 proporcionado não foi suficiente para promover uma competição entre plantas capaz de reduzir
 202 significativamente a massa seca das plantas.

203 As curvas de ajuste da MST se encontram na Figura 1, onde se percebe que a MST
 204 foi influenciada pelos diferentes espaçamentos entrelinhas. Dessa forma, verificou-se que houve
 205 um maior acúmulo de MST das plantas nos espaçamentos de 0,62 e 0,55m até os 60 DAE. Aos
 206 45 DAE, os tratamentos que continham menores densidades populacionais (1,0; 0,83 e 0,70m)
 207 proporcionaram menor produção de MST.

208 O maior acúmulo de matéria seca constatado nos menores espaçamentos ao longo de
 209 todo o experimento indica a adaptabilidade da cultivar aos menores espaçamentos entre fileiras,

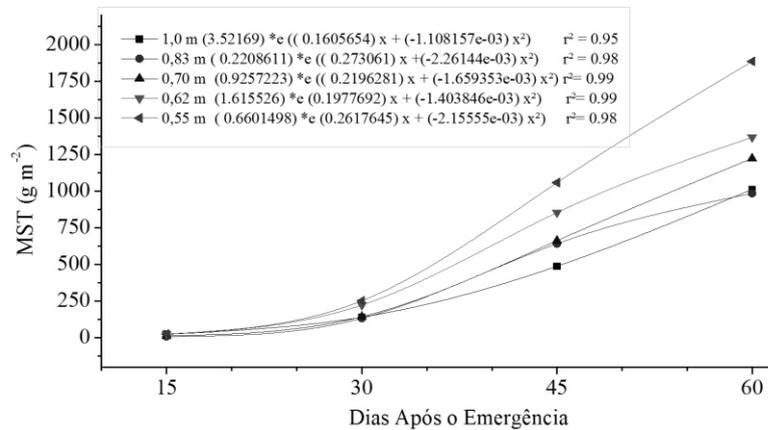
210 uma vez que, observou-se um decréscimo nos valores desta variável com o aumento do
 211 espaçamento, o que é explicável também pela redução do número de plantas por área.

212 Aos 60 DAE, o menor espaçamento entrelinhas promoveu maior acúmulo de MST,
 213 provavelmente devido à maior produção de plantas e maior aproveitamento da área.

214

215

216



217 Figura 2. Produção de matéria seca total (g m^{-2}) de plantas de milho cultivadas em
 218 diferentes espaçamentos entrelinhas.

219 A análise de variância para os dados de índice de Área Foliar (IAF) se encontra na
 220 Tabela 4. Nota-se que houve diferenças significativas em todas as avaliações ao longo do ciclo
 221 da cultura.

222 Tabela 4. Índice de área foliar ($\text{m}^{-2} \text{m}^{-2}$) de plantas de milho cultivadas em diferentes
 223 espaçamentos entrelinha.

224

225

226

227

228

229

230

231

Espaçamento (m)	Dias após emergência (DAE) ²			
	15	30	45	60
1,0	0,264 ab	1,469 bc	1,701 b	1,285 b
0,83	0,111 c	1,164 c	1,965 ab	1,450 ab
0,70	0,185 bc	1,620 bc	2,713 a	1,771 ab
0,62	0,313 a	1,800 b	2,619 a	1,181 b
0,55	0,274 a	2,468 a	2,640 a	2,446 a
Teste F	**	**	*	*
CV%	23,35	17,10	21,39	42,16

232 ² * e ** Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste
 233 Duncan a 5% e a 1% de probabilidade, respetivamente.

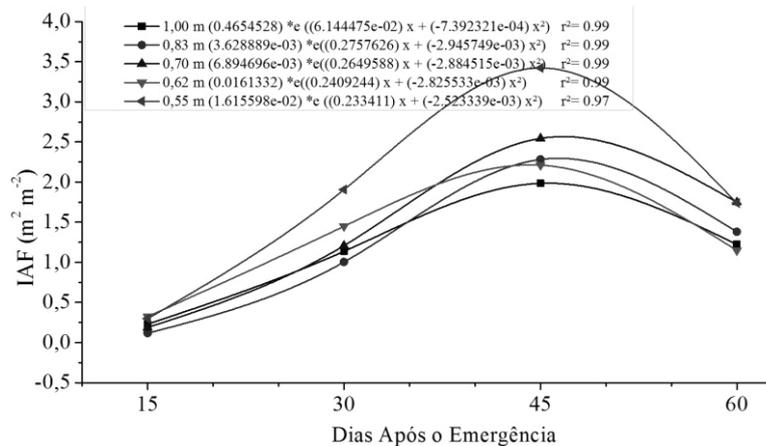
234

235 É esperável que nas fases anteriores ao florescimento as plantas apresentem maiores

236 valores de índice de área foliar nos menores espaçamentos, em virtude da maior interceptação

237 solar. Nos maiores espaçamentos, por outro lado, não ocorre um aproveitamento da luz solar
 238 equivalente aos cultivos mais adensados nas fases iniciais.

239 As curvas de ajustes do IAF se encontram na Figura 3, onde percebe-se que o IAF foi
 240 influenciado pelos diferentes espaçamentos entrelinhas. Dessa forma verificou-se que o
 241 espaçamento de 0,55m de forma geral promoveu maior IAF. Entretanto até os 30 DAE, o menor
 242 IAF foi observado nos espaçamentos de 0,83m. Aos 45 DAE o espaçamento de 1,0m obteve
 243 menor índice em relação aos espaçamentos mais adensados. De uma forma geral, a partir dos 45
 244 DAE todos os espaçamentos proporcionaram redução da área foliar em função da senescência
 245 das folhas.



252 Figura 3. Índice de Área foliar ($m^2 m^{-2}$) de plantas de milho cultivadas em diferentes
 253 espaçamentos entrelinhas.

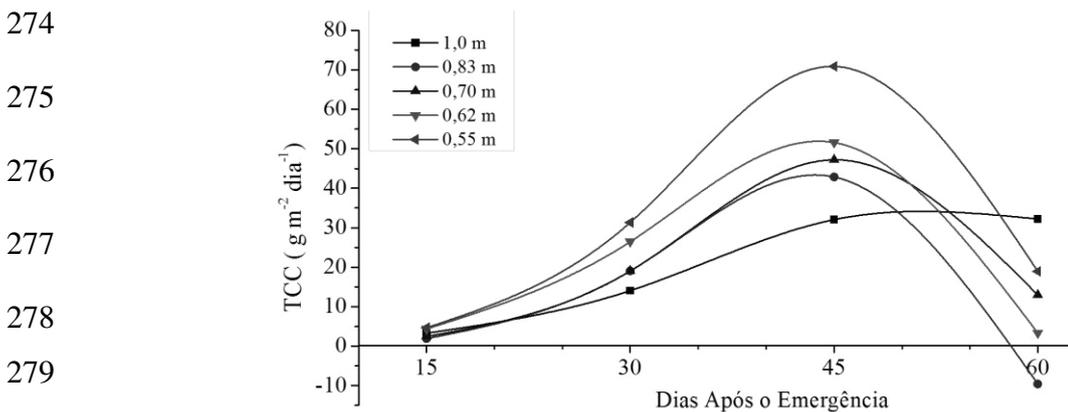
254 Brachtvogel et al. (2012) também constataram incrementos no índice de área foliar
 255 com o aumento da população de plantas como consequência do maior número de indivíduos por
 256 área. Resultado similar também foi encontrado por Sangoi et al. (2011), que ao estudarem
 257 diferentes arranjos espaciais sobre o desempenho do milho, observaram que o índice de área
 258 foliar foi afetado pela população de plantas, constatando um aumento linear com o incremento da
 259 população.

261 Os recursos ambientais e de manejo podem ser ou se tornar limitantes, dependendo
 262 entre outros fatores, do espaçamento e da densidade de plantio. Em estádios fenológicos mais
 263 avançados, quando o IAF é maior, a qualidade e a competição entre plantas por luz modificam as

264 características do dossel, principalmente com espaçamentos amplos e altas densidades que
 265 tornam a distribuição de plantas na área menos favorável (Strieder et al. 2008).

266 A taxa de crescimento da cultura (TCC) pode ser usada para se ter ideia de quanto a
 267 planta ou o dossel está crescendo, ou seja, a velocidade média de crescimento ao longo do
 268 período de observação.

269 As curvas de ajustes da taxa de crescimento da cultura (TCC) se encontram na Figura
 270 4. Observou-se que as menores TCCs foram obtidas nos espaçamentos de 1,0m e 0,83m em
 271 quase todas as avaliações, as quais foram correlacionadas com as curvas da MST. Nos
 272 espaçamentos mais adensados as TCCs foram maiores em função do maior número de plantas por
 273 área os quais se relacionam com as curvas obtidas para a MST e IAF descritas anteriormente.

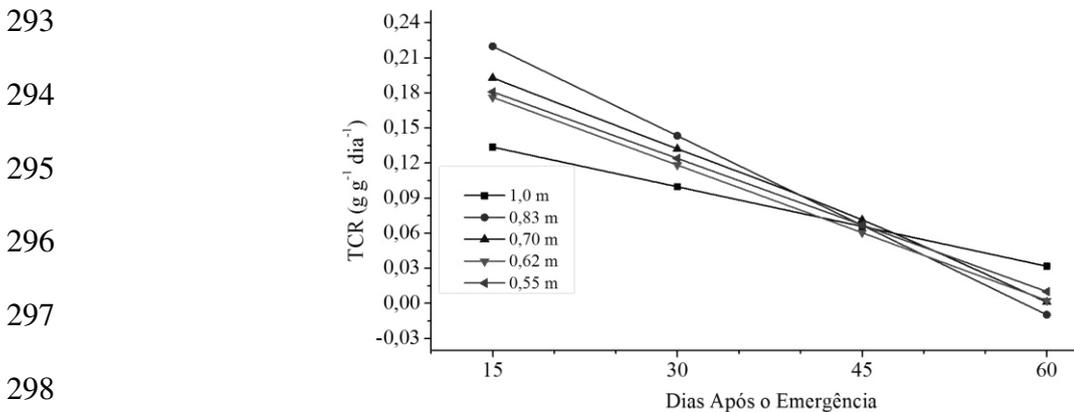


281 Figura 4. Taxa de crescimento da cultura ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), de plantas de milho cultivadas
 282 em diferentes espaçamentos entrelinhas.

283 Após os 45 DAE houve uma diminuição na TCC em todos os espaçamentos em
 284 função da senescência das folhas, conforme os resultados obtidos a partir do IAF (Figura 2). A
 285 partir de então, o decréscimo na TCC observado no espaçamento de 1,0 m foi inferior aos
 286 demais, ocorrendo um crescimento quase contínuo até os 60 DAE. Esse menor decréscimo pode
 287 estar relacionado às melhores condições de solo e maior disponibilidade de recursos ambientais e
 288 de manejo, uma vez que as plantas estavam dispostas em menor nível de competição.

289 As curvas da taxa de crescimento relativo (TCR) são mostradas na Figura 5. De
 290 modo geral, observou-se que houve maior acúmulo de MST na fase inicial de desenvolvimento

291 das plantas de milho, principalmente nos espaçamentos mais adensados, refletindo em maiores
 292 TCRs, pois proporcionaram maior número de plantas por área.



299 Figura 5. Taxa de crescimento relativo ($\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$) de plantas de milho cultivadas em
 300 diferentes espaçamentos entrelinhas.

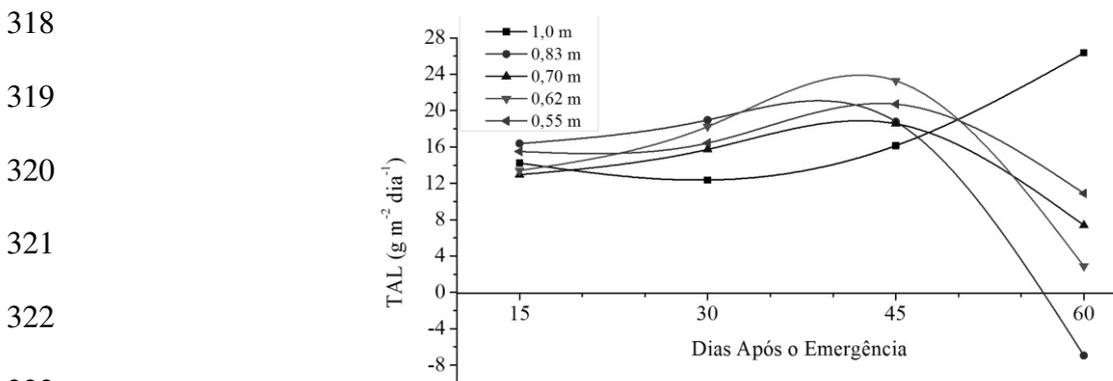
301 Entretanto, verificou-se que, ao longo do ciclo da cultura, houve um decréscimo na
 302 TCR para todos os espaçamentos, sendo mais acentuado nos de maior população de plantas, o
 303 que pode ser explicado pelo maior auto sombreamento e pela elevação da taxa respiratória que
 304 aumenta com a idade da planta (Barreiro 2006).

305 A TCR no espaçamento de 1,0m entrelinhas apresentou um decréscimo menos
 306 acentuado em relação aos demais espaçamentos, devido provavelmente, ao menor número de
 307 plantas por área, o que possibilitou menor competição entre plantas por luz, água e nutrientes no
 308 qual obteve maior TCR aos 60 DAE.

309 A TCR reflete o aumento de fitomassa seca orgânica, em gramas, em determinado
 310 período de tempo, sendo função do tamanho inicial, ou seja, o material já pré-existente na planta.
 311 (Peixoto 2014).

312 Os valores representados na Figura 6 são relativos à Taxa Assimilatória Líquida
 313 (TAL) calculadas em função do tempo. Observa-se nas curvas ajustadas que houve um aumento
 314 da TAL nos espaçamentos com maior população de plantas até os 45 DAE. A partir daí, houve
 315 um decréscimo acentuado para esses espaçamentos, com o desenvolvimento fenológico da

316 cultura do milho, devido provavelmente ao auto sombreamento e, posteriormente, senescência
317 das folhas no final do ciclo da cultura.



324 Figura 6. Taxa assimilatória líquida ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), de plantas de milho cultivadas em
325 diferentes espaçamentos entrelinhas.

326 Para o maior espaçamento, por este apresentar menor população de plantas, houve
327 um acréscimo da TAL devido à menor competição das plantas por nutrientes, água e luz, além
328 do menor auto sombreamento foliar, mesmo ao final do ciclo da cultura.

329 A taxa assimilatória líquida é um parâmetro de crescimento que representa o
330 incremento de fitomassa por unidade de área foliar durante um determinado período de
331 observação, normalmente, um dia. Ela é um parâmetro diferente da taxa fotossintética líquida,
332 pois a TAL computa todo o balanço de fitomassa em um dia, e não apenas do período luminoso
333 como a TFL (Garcia et. al. 2007).

334 A razão da área foliar (RAF) é um elemento morfofisiológico do crescimento de
335 plantas, pois expressa a razão a área foliar que é responsável pela interceptação de energia
336 luminosa e o peso da matéria seca total da planta que é resultado da fotossíntese.

337 De modo geral, os maiores espaçamentos proporcionaram os maiores valores de
338 razão da área foliar, sobretudo a partir dos 30 DAE. Esse comportamento provavelmente está
339 relacionado ao menor sombreamento em que as plantas ficaram expostas após a fase de
340 crescimento.

341 As curvas da razão da área foliar (RAF) se encontram na Figura 7. É importante
342 ressaltar que a razão da área foliar é a área foliar útil para fotossíntese que decresce com o

343 desenvolvimento fenológico da planta. Os espaçamentos de 0,70m e 0,83m, que apesar de
 344 apresentar menores acúmulos de MST e menor IAF em relação aos mais adensados (0,55 e
 345 0,62m), apresentou maior RAF no período inicial aos 15 DAE e a partir deste período há uma
 346 redução em função do crescimento da planta, do auto sombreamento, com tendência da
 347 diminuição da área foliar fotosinteticamente ativa para a produção da fitomassa seca.

348

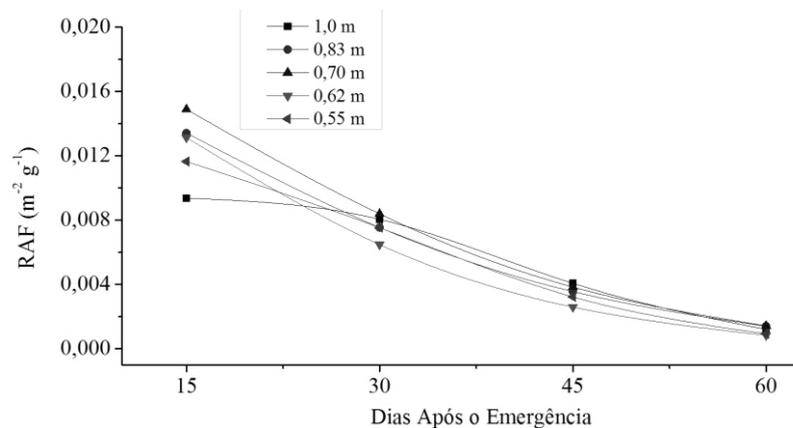
349

350

351

352

353



354 Figura 7. Razão de área foliar (m² g⁻¹) de plantas de milho cultivadas em diferentes
 355 espaçamentos entrelinhas.

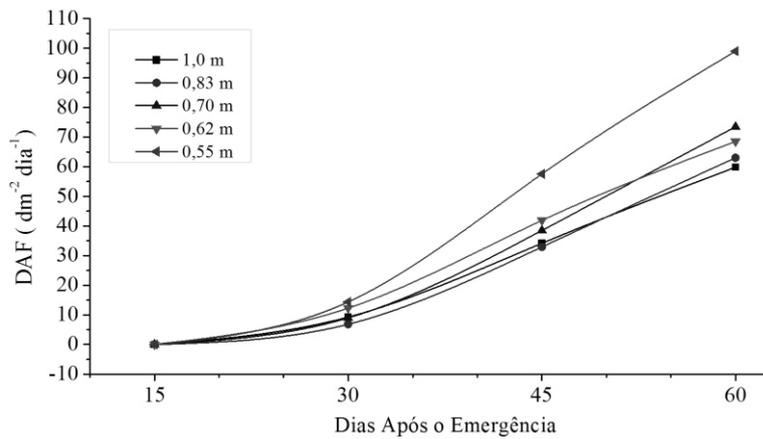
356 A redução brusca após esse período é devido ao direcionamento dos fotoassimilados
 357 para a formação de estruturas reprodutivas (Silva et al. 2012).

358 A DAF nada mais é que a integral do IAF contra o tempo. Tal característica é
 359 definida pela duração da área foliar, ou seja, o tempo que é mantida fotosinteticamente ativa a
 360 superfície foliar

361 As curvas da duração da área foliar (DAF) se encontram na Figura 8. Observa-se nas
 362 curvas ajustadas que os espaçamentos mais adensados (0,70; 0,62 e 0,55m) obtiveram maior
 363 DAF, confirmando a eficiência do IAF; por se tratar dos espaçamentos com maior número de
 364 plantas (70.000; 80.000 e 90.000 pl ha⁻¹ respectivamente), comprova maior durabilidade do
 365 aparelho fotossintético que é responsável pela produtividade das plantas de milho (Tabela 5).
 366 Isso mostra que quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade, ou
 367 seja, maior será incremento de matéria seca e absorção de fotoassimilados.

368

369
370
371
372
373
374



375 Figura 8. Duração de área foliar ($\text{dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$) de plantas de milho cultivadas em
376 diferentes espaçamentos entrelinhas.

377 A maior duração de área foliar constatada nos menores espaçamentos pode estar
378 relacionada a maior eficiência na realização da fotossíntese em condições de maiores densidades,
379 uma vez que os menores espaçamentos podem proporcionar um aproveitamento mais expressivo
380 da radiação solar nas fases que antecedem o florescimento, devido a maior interceptação da
381 radiação sobre o dossel da cultura.

382 Em contrapartida os espaçamentos de 1,0m e 0,83m, por se tratar dos espaçamentos
383 menos adensado, obtiveram menores resultados em relação aos demais espaçamentos, pelo fato
384 de manter pouca superfície foliar em função do tempo.

385 A DAF nada mais é que a integral do IAF contra o tempo. Tal característica é
386 definida pela duração da área foliar, ou seja, o tempo que é mantida fotosinteticamente ativa a
387 superfície foliar.

388 Observar-se na Tabela 5 que as maiores produtividades de espigas foram obtidas nos
389 espaçamentos de 0,55m, o qual foi relacionado aos melhores resultados dos parâmetros de
390 eficiência de conversão (MST, IAF, TCC e DAF), e no espaçamento de 1,0m, provavelmente em
391 função da menor resistência mecânica a penetração encontrada nas áreas desse espaçamento
392 (Tabela 2). Os espaçamentos de 0,83m, 0,70m e 0,62m apresentaram menores produtividades,
393 reflexo do que aconteceu com a maioria dos índices fisiológicos estudados provavelmente em

394 função dos maiores valores de resistência mecânica a penetração embora não tenha deferido
 395 estatisticamente do menor espaçamento (0,55m).

396 O incremento de estruturas como espigas representa a principal forma para
 397 fotoassimilados produzido nas folhas, período que a cultura diminui a taxa de crescimento da
 398 cultura. Então a capacidade de alocar fotoassimilados das folhas para espigas, grãos e palhadas
 399 não assimilatórias pode ser um fator que determine o potencial de produção da cultura.

400 Tabela 5. Valores produtividade de espigas sem palha (Mg.ha⁻¹) para os diferentes
 401 espaçamentos entrelinhas, na cultura de milho.

Espaçamento (m)	Espiga sem palha
1,00	6,5 a
0,83	4,5 b
0,70	4,6 b
0,62	4,8 b
0,55	6,9 a

402 Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste
 403 Duncan a 5% de probabilidade.
 404

405
406

CONCLUSÕES

407 O espaçamento de 0,55m proporcionou as plantas melhores índices fisiológicos do
408 crescimento da cultura do milho.

409 O espaçamento de 1,0m obteve maiores TCC, TCR e TAL no final do ciclo por
410 apresentar menos adensamento e menor resistência mecânica a penetração.

REFERÊNCIAS

- 411
- 412 BAIRRERO, A.P., et al. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com
413 reguladores vegetais. **Bragantia**, v.65, n.4, p.563-567, 2006.
- 414 BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal.
415 FUNEP. 2004. 42p.
- 416 BEZERRA, Antônio Aécio de Carvalho; TÁVORA, Francisco José Alves Fernandes; FREIRE
417 FILHO, Francisco Rodrigues; RIBEIRO, Valdenir Queiroz. Características de dossel e de
418 rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Agropecuária**
419 **Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, out. 2009.
- 420 BRACHTVOGEL, Elizeu Luiz et al. População, arranjo de plantas uniforme e a competição
421 intraespecífica em milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p.75-83,
422 abr. 2012.
- 423 CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <
424 http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_16_49_15_boletim_graos_junho_2016_-_final.pdf>. Acesso em: 15 agosto. 2016.
- 426 CRUZ, JOSÉ CARLOS. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em:
427 http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm. Acessado em: 15 de
428 setembro de 2016.
- 429 FRANCISCO, de Assis Santos e Silva; CARLOS, Alberto Vieira de Azevedo. The Assistat
430 Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Of**
431 **Agricultural Research**, [s.l.], v. 11, n. 39, p.3733-3740, 29 set. 2016. Academic Journals.
432 <http://dx.doi.org/10.5897/ajar2016.11522>.
- 433 GARCIA, G. O. et al. Índices fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigado com água
434 salina. **Revista Irriga**, v. 12, n. 03, p. 307-325, 2007.
- 435 PIANA, A. T.; SILVA, P. R. F. da; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; SERPA,
436 M da s.; JANDREY, D. B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio
437 Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2608 – 2612, 2008.
- 438 PORTES, T.A.; CASTRO JÚNIOR, L.G. Análise de crescimento de plantas: um programa
439 computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.3, p.53-56, 1991.

- 440 RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso**
441 **de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação.** Comissão de Fertilidade do
442 Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- 443 SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHIMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R.
444 T.; SOUZA, C. A.. Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos
445 espaciais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p.609-616, jun. 2011.
- 446 SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. V.;
447 LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B.
448 **Sistema brasileiro de classificação de solos – 3 ed. ver. ampl EMBRAPA, 2013. 353 p.**
- 449 SELBACH, J. F.; LEITE, J. R. S. A. **Meio ambiente no Baixo Parnaíba: olhos no mundo, pés**
450 **na região.** São Luis: EDUFMA, 2008, 216p.
- 451 SILVA, JOSÉ GRACIANO DA. **Foundation Agricultural Organization**, Roma: FAOSTAT
452 Database Gateway – FAO. Disponível em:
453 <<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339 &lang=en>> – Acesso em: 17/10/2016.
- 454 SILVA, Raphael Rossi et al. ANÁLISE DE CRESCIMENTO EM FEIJOEIRO CULTIVADO
455 SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 13, n. 2,
456 p.41-55, dez. 2012.
- 457 SKONIESKI, Fernando Reimann et al. Corn plant arrangement and its effect on silage quality.
458 **Revista Brasileira Zootecnia [online]**. 2014, vol.43, n.3.
- 459 STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. **Recomendação para o uso do**
460 **penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf.** Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR,
461 1983. 9p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n. 1).
- 462 STRIEDER, M. L. et al. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes
463 espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.3,
464 p.309-317, mar. 2008.
- 465 **The University of Texas Health Science Center at San Antonio.** ImageTool Version 3.0 Final.
466 2002. Disponível em: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html>.
- 467