

Análise de crescimento do algodoeiro herbáceo BRS-201 com aplicações de zinco e boro sobre condições de campo

Analysis of the growth of herbaceous cotton BRS-201 under applications of zinc and boron on field conditions

João H. de Albuquerque¹, Silvanete S. da Silva², José Dantas Neto³

Resumo: O algodoeiro herbáceo apresenta hábito de crescimento indeterminado, principalmente na fase reprodutiva, pois emite estruturas vegetativas, que podem competir entre si os produtos da fotossíntese. Objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito no crescimento de plantas de algodoeiro herbáceo cv. BRS 201 em quatro idades diferentes (dias após emergência – dae) sob condições de campo, em resposta a adubação com boro e zinco. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro doses de boro (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 kg.ha⁻¹), na forma de Ácido Bórico com 17% de B, quatro doses de zinco (0,0; 0,4; 0,8 e 1,2 kg.ha⁻¹), na forma de Sulfato de Zinco com 20% de Zn, e mais uma testemunha relativa (adubação de NPK), com quatro repetições, perfazendo o total de 68 parcelas, cultivar BRS-201. As variáveis estudadas foram: altura de planta (AP); diâmetro do caule (DC) e a área foliar por planta (AFP), medidos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura, DAS. A área foliar (AF = Y, cm²) foi estimada com base nas medidas do comprimento longitudinal (X, cm) de seis folhas (2 basais, 2 medianas e 2 do ápice da planta), obtendo o n° total de folhas, num total de cinco plantas selecionadas aleatoriamente, na área útil das parcelas. Foram realizadas leituras medidos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência, dae. O crescimento do algodoeiro, cultivar BRS 201, medido via altura de planta, foi alterado pelos micronutrientes zinco e boro, com incremento significativo, da ordem de 15,71%, em relação ao tratamento que não recebeu tais elementos químicos. A altura da planta (AP), o diâmetro do caule (DC) e a área foliar do algodoeiro (AFP) aumentaram com as doses de zinco e boro.

Palavras-chave: *Gorsypium hirsutum* L., BRS-201, Micronutrientes, Fibra.

Abstract: The herbaceous cotton has indeterminate growth habit, especially in the reproductive phase, as emits vegetative structures that can compete among themselves the products of photosynthesis. The objective of this study was to evaluate the effect on the growth of herbaceous cotton plants cv. BRS 201 at four different ages (days after emergence – dae) under field conditions in response to fertilization with boron and zinc. The experimental design was randomized blocks with treatments arranged in a 4 x 4 factorial, with four levels of boron (0.0, 2.0, 4.0 and 6.0 kg ha⁻¹), in form of boric acid with 17% of B and four doses of zinc (0.0, 0.4, 0.8 and 1.2 kg.ha⁻¹) in the form of zinc Sulphate 20% of Zn, and one more relative control (NPK fertilizer), with four replications, totaling 68 plots, cv. BRS-201. The variables studied were plant height (PH), stem diameter (SD) and leaf area per plant (AFP), measured at 30, 60, 90 and 120 days after sowing, DAS. The leaf area (LA = Y, cm²) was estimated based on the measurements of the longitudinal length (X, cm) of six leaves (2 basal, 2 middle and 2 from the apex of the plant), obtaining the total number of sheets in the usable area of the parcels, a total of five randomly selected plants. The readings of the measurements were performed at 30, 60, 90 and 120 dae. The growth of the cotton BRS 201, measured via plant height, was amended by the micronutrients zinc and boron, with significant increase of the order of 15.71% compared to the treatment that did not receive such chemicals. Plant height (PH), stem diameter (DC) and leaf area of cotton (AFP) increased with increasing doses of zinc and boron.

Key words: *Gorsypium hirsutum* L., BRS-201, Micronutrients, fiber.

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/01/2014; aprovado em 30/03/2014

¹ Mestre em Engenharia Agrícola na UFCG, UAEA. Av. Aprígio Veloso, nº 882. Bodocongó, Campina Grande – PB.

E-mail: jh_albuquerque@hotmail.com

² Mestranda em Engenharia Agrícola na UFCG, UAEA. Av. Aprígio Veloso, nº 882. Bodocongó, Campina Grande –

PB. E-mail: silvanete.h@hotmail.com

³ D.Sc. Professor - DCTA, UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: zedantas1955@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cultura do algodão apresenta uma grande importância econômica devido à sua diversificação nos múltiplos setores do agroalimentares e industrial (SOARES & MACIEL, 2006). Entretanto, é necessário que o produtor tenha visão holística ou sistêmica da cultura, além da cadeia do agronegócio do algodão. Segundo Lopes et al. (2012), pesquisas visando o melhoramento genético do algodoeiro têm sido conduzidas de modo contínuo, lançando-se cultivares cada vez mais adequadas às diversas condições com características que atendam às demandas vigentes, tanto dos produtores como da indústria têxtil e dos beneficiadores.

Contudo, o algodoeiro apresenta desenvolvimento e crescimento estrutural com muitos elementos e/ou ainda, com diferentes formas de inter-relação, por vezes de difícil compreensão (CHIAVEGATO, 1995), sendo necessário, o uso de agrupamento de informações, entre elas os nutrientes necessários as plantas. Dos micronutrientes exigidos pela cultura do algodoeiro, o boro (B) está entre os mais importantes, já que, o mesmo apresenta uma rápida absorção, embora com translocação lenta. Quando aplicado às folhas, tende a se acumular, podendo atingir níveis tóxicos.

O limite entre a toxidez e a deficiência é muito estreito. O excesso de B nas plantas está ligado diretamente à quantidade de pectina na parede celular, sendo que, quanto menos pectina menos ainda será a absorção de B do que dicotiledôneas (BLEVINS, 2009) já que, a mesma apresenta exigência ao B. Segundo Rochester (2007), a dicotiledôneas acumula em média 340 g ha⁻¹ de B e exporta aproximadamente 12% do nutriente acumulado. Enquanto que, segundo Carvalho et al., (2007), a deficiência do B durante o florescimento do algodoeiro causa queda de frutos e reduz a produtividade e a qualidade da fibra. Para Oliveira et al., (2006), a deficiência de B em algodão, mesmo que temporária leva à má formação dos vasos do xilema, o que pode diminuir a translocação de nutrientes e de carboidratos para novos tecidos.

Quanto ao micronutriente zinco (Zn), a deficiência manifesta-se por falta de alongação nos órgãos jovens. Para reais condições de campo, o zinco não é muito comum, exceto em solos que receberam calagens excessivas, manifestando-se nas folhas mais novas, que se tornam excessivamente cloróticas, com áreas de tecidos mortos, permanecendo as nervuras mais escuras. Segundo Malavolta et al., 1974, a deficiência de Zn pode ser evitada pela aplicação de 20 – 40 kg de sulfato de zinco por hectare. Para estes autores, a prática da pulverização foliar tem-se mostrado mais eficiente que a aplicação no solo.

Sabe-se que o algodoeiro herbáceo apresenta hábito de crescimento indeterminado, ou seja, durante a fase reprodutiva, ele continua a emitir estruturas vegetativas, que podem competir entre si pelos produtos da fotossíntese. Quando o algodoeiro é cultivado em condições em que a disponibilidade de água, de nutrientes e as condições climáticas são favoráveis ao crescimento, há produção excessiva de estruturas vegetativas, o que pode interferir negativamente na produção final, pois o crescimento vegetativo exagerado predispõe a queda de estruturas reprodutivas, principalmente de botões florais, flores e frutos jovens (BOGIANI et al., 2007).

Neste sistema produtivo também é essencial o uso de reguladores de crescimento, para que os algodoeiros não cresçam demasiadamente e comprometem o manejo e o rendimento da cultura, e ainda que as plantas apresentem altura adequada ao manejo e à colheita mecânica.

Diante do exposto o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito das concentrações de boro e zinco e a interação entre os nutrientes sobre o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201 em condição de sequeiro em quatro idades deferentes após a emergência.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, no Campo Experimental de Pesquisa e Produção de Sementes, pertencente a Embrapa Algodão, Localizado à margem esquerda da Rodovia Estadual CE – 96, km 4, no município de Missão Velha – CE. A cidade localiza-se ao sul do Estado, na região do Cariri, com altitude de 352 m, situada geograficamente pelo ponto das coordenadas de latitude 7°11'15" sul e longitude de 39°11'15" oeste de Greenwich. O Campo Experimental está dentro da área zoneada pelo Ministério da Agricultura para produção do algodão e outras.

Segundo Thomthwaitt, o clima é do tipo C₁WA'a', sendo seco a subúmido, moderado com excesso hídrico no verão, mega térmico e evaporação bem distribuída durante o ano. A precipitação ocorrida no município durante o período do experimento, ano de 2003, foi de aproximadamente 670 mm (FUNCEME, 2014). As análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade de solo da Universidade Federal da Paraíba, no Centro de Ciências Agrárias, Areia – PB. Ambas as análises foram determinadas conforme os procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997). O solo característico do local foi classificado como um franco arenoso (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado das análises química e física do solo, no município de Missão Velha – CE.

Químicos												
pH*	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	P	M.O.	Fé	Cu	Mn	Zn	B
 mmol _c dm ⁻³ g dm ⁻³ mg dm ³				
6,4	65	31,7	41,8	4,4	0,0	14,0	17,3 3	5,60	0,33	15,4	0,70	0,33
Físicos												
Prof.	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	P _T	D _S	D _P	(θ) MPa (0,033)	AD	Classificação o Textural		
cm g kg ⁻¹				m ³ m ⁻³	... g cm ⁻³ g kg ⁻¹				
0 – 20	148	440	298	190	0,52	1,26	2,61	135	71	Franco Arenoso		

* Determinado em água; M.O. (matéria orgânica do solo); Prof. – profundidade, P_T – porosidade total, D_S – densidade do solo, D_P – densidade partícula, (θ) – Umidade do solo, AD – água disponível, LP – limite de plasticidade.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial [(4 x 4) + 1] x 4 = 68 parcelas, cujos fatores foram quatro doses de boro [0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 kg ha⁻¹ (na forma de Ácido Bórico com 17% de B)] e quatro doses de zinco [0,0; 0,4; 0,8 e 1,2 kg ha⁻¹ (na forma de Sulfato de Zinco com 20% de Zn)] e mais uma testemunha relativa (adubação de NPK), com quatro repetições, perfazendo o total de 68 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída de quatro fileiras, e a quantidade do composto (Ácido Bórico e Sulfato de Zinco), recomendado para cada parcela, que se encontra na Tabela 1, foi dividida para as quatro fileiras, e assim procedeu para cada parcela individualmente de acordo com cada tratamento.

A unidade experimental (parcela) foi representada por uma área de 20,0 m², com 5,0 m de comprimento e 4,0 m de largura. O arranjo de plantas foram em fileiras simples, com espaçamento de 0,10 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras. A área útil foi representada pelas duas fileiras centrais, e as duas restantes exercendo efeito de bordadura.

De início fez-se uma aração com arado de discos a uma profundidade de 25 cm, aos 30 dias antes do plantio, com o solo seco, efetuando a incorporação dos restos culturais e plantas daninhas. Aos 15 dias antes do plantio foi realizada uma gradagem para destorroar o solo, nivelar o terreno e eliminar as possíveis plantas invasoras. Após isso, realizou-se a adubação de fundação a base de NPK recomendada pela Estação Experimental da EMBRAPA em Missão Velha – CE, e juntamente com a adubação de fundação (uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio), cada parcela recebeu individualmente as respectivas dosagens de boro e as dosagens de zinco, logo após, os sulcos foram aterrados parcialmente, e em seguida efetuando-se o plantio.

Foi utilizado no experimento sementes de algodão comum (cultivar BRS 201), fornecidas pela Embrapa

algodão (CNPA), Campina Grande – PB. O plantio foi efetuado manualmente, com profundidade aproximada de 5,0 cm, obedecendo ao espaçamento de 1,0 m entre linhas. A germinação ocorreu em cinco dias após o plantio.

Cada parcela experimental foi constituída de quatro fileiras, e a quantidade do composto (Ácido Bórico e Sulfato de Zinco), recomendado para cada parcela, que se encontra na Tabela 1, foi dividida para as quatro fileiras, e assim procedeu para cada parcela individualmente de acordo com cada tratamento.

A cultivar BRS 201, tem um ciclo precoce de 130 a 150 dias, a qual apresenta alta produtividade: até 3.500 kg ha⁻¹, adaptada para colheita manual e mecanizada, adequada para cultivo no cerrado e nordeste, resistente a doenças (virose, bacteriose), tolerante a ramulose, alternaria e ramularia. Apresenta fibras de padrão mediano com resistência sofrível. Seu plantio deve ser efetuado do início ao meio da época chuvosa. Durante o plantio é recomendada uma adubação média. Necessita de fungicidas para controle de ramularia e ramulose (EMBRAPA, 2000).

O experimento foi implementado e conduzido nos meses de fevereiro a junho. O desbaste foi efetuado aos 15 dias após a emergência das plântulas, com o solo úmido, deixando 10 plantas por metro linear, obedecendo às densidades populacionais de 100.000 plantas ha⁻¹ de algodão. Ao longo da condução do experimento, procurou-se mantê-lo livre de plantas daninhas e, portanto, foram efetuadas duas aplicações de herbicidas. Foi realizado o controle das seguintes pragas no algodão: Pulgão (*Aphis gossypii*, Glove, 1876), Bicudo (*Anthonomus grandis*, Boheman, 1843), Curuquerê (*Alabama argillacea*) e Mosca-Branca (*Bemisia tabacci*; *Bemisia argentifolii*).

Para o controle de pragas foram utilizados produtos naturais e biológicos, além do uso do Tubo mata bicudo. Foram retiradas amostras do solo para análises

química e física e os dados do clima, especialmente precipitação pluvial e temperatura do ar foram registrados.

O crescimento e desenvolvimento do algodão foi avaliado por meio das variáveis: altura de planta (AP); diâmetro do caule (DC) e a área foliar por planta (AFP), medidos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura (das). A área foliar ($AF = Y, \text{cm}^2$) foi estimada com base nas medidas do comprimento longitudinal (X, cm) de seis folhas (2 basais, 2 medianas e 2 do ápice da planta), obtendo o nº total de folhas, num total de cinco plantas selecionadas aleatoriamente, na área útil das parcelas.

Foram realizadas leituras medidos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência (dae). As variáveis da área foliar foram determinadas conforme recomenda Wend (1967), e usando a equação:

Equação:

$\text{Log}Y = 0,006 + 1,863 \times \text{Log}X$, sendo:

Y = área foliar (cm^2); e

X = comprimento da folha (cm).

Os resultados obtidos foram analisados, estatisticamente, mediante de variância (teste F), e às médias comparadas pelo teste de Tukey a 1 e 5%

(BUSSAB, 2004). Tanto para a análise de variância quanto a estimativa dos parâmetros dos modelos da regressão, foi utilizado o pacote estatístico SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resposta do crescimento da cultivar BRS 201 à aplicação de adubação com boro e zinco em cultivo de sequeiro são apresentadas na Tabela 2, na qual verifica-se os resumos das análises de variância da altura da planta (AP) aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Observa-se que houve efeitos significativos ($P \leq 0,01$) das doses de B sobre a altura da planta aos 30 e 60 dias após a emergência, respectivamente, e efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos níveis de Zn sobre a altura da planta aos 120 dias após a emergência, e também, houve efeito significativo ($P \leq 0,05$) da interação entre os níveis crescentes de B (kg ha^{-1}) e Zn (kg ha^{-1}) sobre a altura da planta aos 90 dias após a emergência.

Tabela 2. Resumos das análises de variância da altura da planta em quatro épocas: 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência (dae) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de boro e zinco. Missão Velha – CE.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		Altura da planta (cm)			
		30 dae	60 dae	90 dae	120 dae
Tratamentos	16	0,0108 **	0,0542 ^{ns}	0,2556 ^{ns}	0,0222 ^{ns}
Bloco	3	0,0795 **	0,3557 ^{ns}	0,7315 ^{ns}	0,4240 **
B linear	1	0,0354 **	0,1007 *	0,2813 ^{ns}	0,0106 ^{ns}
B quadrática	1	0,0006 ^{ns}	0,0192 ^{ns}	0,3624 ^{ns}	0,0014 ^{ns}
Zn linear	1	0,0042 ^{ns}	0,0535 ^{ns}	0,0326 ^{ns}	0,1088 *
Zn quadrática	1	0,0056 ^{ns}	0,0088 ^{ns}	0,1296 ^{ns}	0,0151 ^{ns}
BL x Zn linear	1	0,0008 ^{ns}	0,0046 ^{ns}	1,1861 *	0,0335 ^{ns}
T1 vs T17 (NPK)	1	0,0003 ^{ns}	0,0039 ^{ns}	1,6526 ^{ns}	0,0045 ^{ns}
Resíduo	48	0,0031	0,0169	0,2666	0,0261
C.V.	-	10,86	12,37	35,34	11,33

ns, *, ** = não significativo ao nível de 0,05, significativo ao nível de 0,05 e significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste “F”; respectivamente.

Na Figura 1 pode-se verificar os resultados do parâmetro altura da planta, em função de níveis crescentes de B e Zn no algodoeiro herbáceo aos 30, 60 e 120 dias após a emergência (dae), na qual observa-se que aos 30 e 60 dae (Fig. 1A e 1B) houve efeito linear decrescente na altura da planta para os teores de boro aplicados ao solo, ou seja, a medida em que se adicionou níveis crescentes de boro ao solo esta característica não teve desenvolvimento comparado com a testemunha. Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho (1980), que em condições de campo, verificou que plantas que não receberam adubação boratada apresentaram maior crescimento que as adubadas com esse elemento. Enquanto Furlane et al. (2001) relatam que o boro é

importante na divisão e alongação celular, ou seja, para o crescimento da planta, fator determinante da produção. Rosolem & Costa (1999) afirmaram que a ausência de boro na solução, mesmo sendo temporária, reduziu a altura das plantas. Borgiani (2010), estudando a absorção e mobilidade do boro no algodoeiro em três cultivares e cinco doses de boro, constatou que aos cinco dias após o transplante, as plantas das três cultivares de algodão que cresceram no tratamento com omissão total de boro na solução já apresentavam sintomas de deficiência. Segundo este autor, estes sintomas surgiram inicialmente nas raízes que mostravam-se mais curtas, escuras e com grande número de raízes laterais, esses sintomas se agravaram com o tempo de omissão de boro.

Quanto a altura do algodoeiro aos 120 dae, observou-se que teve efeito linear crescente na altura da planta para os teores de zinco aplicados ao solo e, de acordo com a equação obtida para a maior altura 1,47 cm (Figura 1C), seria necessário à adição ao solo de 1,147 kg ha⁻¹ de zinco. Já na Figura 2 tem-se um pequeno efeito linear decrescente (P≤0,05) para o boro e linear crescente (P≤0,05) para o zinco sobre a altura da planta aos 90 dae. Ressalta-se, no entanto, que este aumento foi bem acentuado com o teor de zinco de 1,2 kg ha⁻¹, e o teor de B com o aumento dos teores (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 kg ha⁻¹) aplicados ao solo, houve um pequeno decréscimo na altura das plantas, resultado semelhante publicado por Carvalho

(1980), quando pesquisou o efeitos da calagem e da adubação boratada sobre o algodoeiro. No entanto, Borgiani (2010), em sua pesquisa concluiu que, o crescimento do algodoeiro e prejudicado pela carência do boro independentemente das diferenças no aparecimento de sintomas, não havendo diferenças entre as cultivares. Para Pacheco et al, (2007), as aplicações de B e Zn não aumentam a produtividade em algodoeiro caso primeiro não sejam corrigidas deficiências de macronutrientes. Depois de corrigidas deficiências de macronutrientes, a aplicação de B e Zn foliar aumenta a produtividade do algodoeiro caso não adicione melaço e uréia à calda a ser pulverizada.

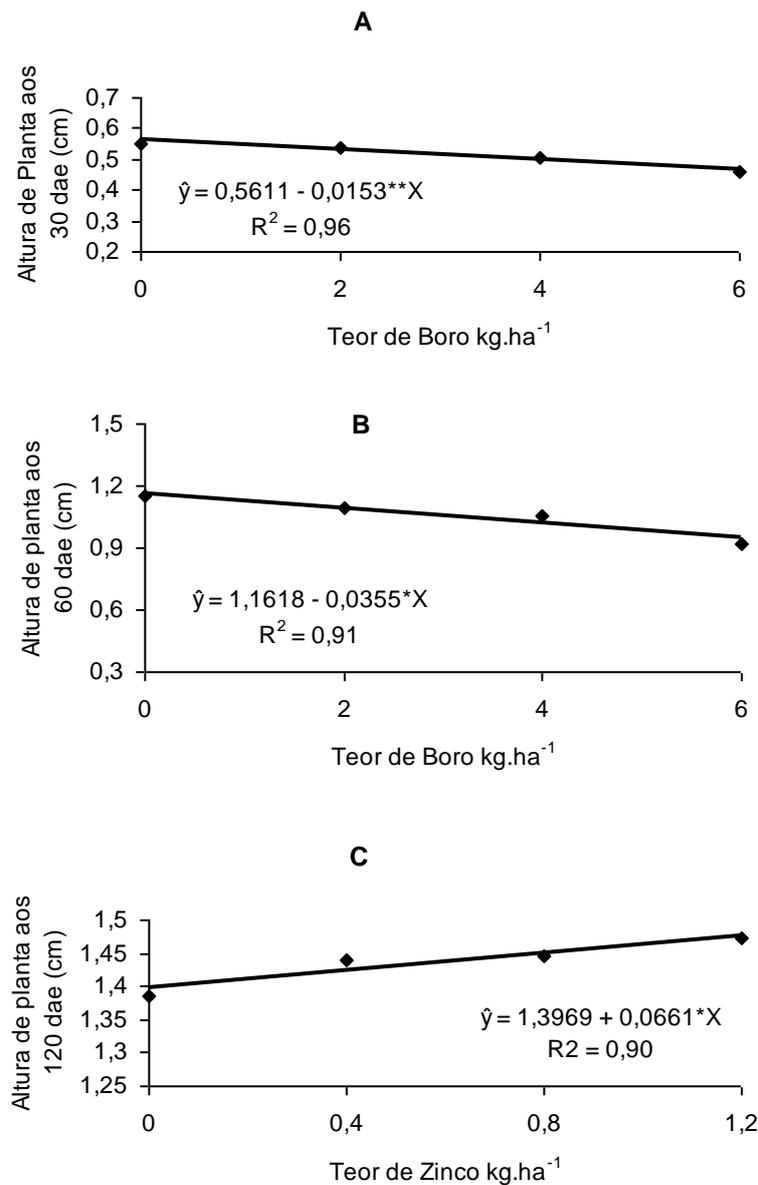


Figura 1. Altura da planta, no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201: com níveis crescente de boro aos 30 dias após a emergência (A); níveis crescente de boro aos 60 dias após a emergência (B); e níveis crescente de zinco aos 120 após a emergência (C).

Os níveis crescentes de boro e zinco sobre os resultados do diâmetro caulinar aos 30 dias após a emergência (dae), estão descritos na Tabela 3, onde pode se observar que, houve efeito quadrático altamente significativo ($P \leq 0,01$) dos níveis crescentes de boro sobre o diâmetro caulinar aos 60 dae e, efeito linear ($P \leq 0,05$) dos níveis crescentes de zinco sobre o diâmetro caulinar aos 90 dae e, efeito linear combinado ($P \leq 0,05$) e ($P \leq 0,01$), entre os níveis crescentes de boro e zinco, respectivamente.

Pacheco et al. (2007), estudando o crescimento e produção de algodoeiro, epamig precoce 1, em resposta a forma de aplicação de boro e zinco no norte de Minas Gerais, constatou que, a produção de algodão foi significativamente influenciada pelos tratamentos, aplicações isoladas e combinadas de B e Zn, via solo e via pulverização foliar, e aplicação melaço mais uréia como meio de aumentar a tenacidade de B e Zn fornecidos às folhas através de pulverizações foliares.

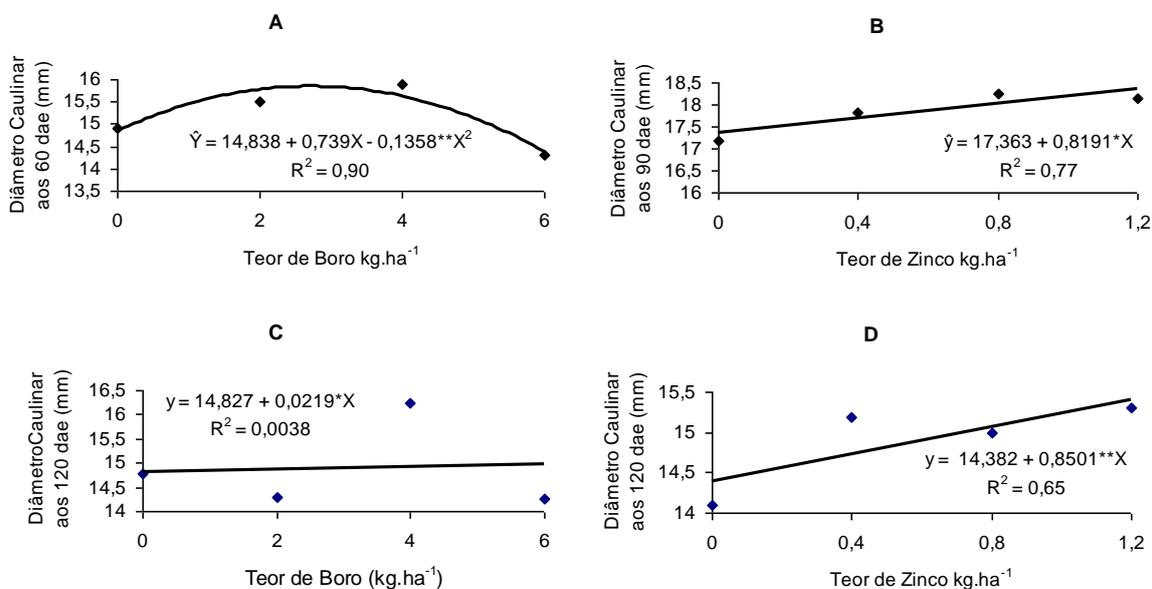
Tabela 3. Resumos das análises de variância do diâmetro caulinar da planta em quatro épocas: 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência (dae), do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de boro e zinco. Missão Velha – CE, 2003.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Diâmetro caulinar (mm)			
		30 dae	60 dae	90 dae	120 dae
Tratamentos	16	1,8332 *	7,9899 ^{ns}	7,3210 ^{ns}	15,0080 *
Bloco	3	1,4108 ^{ns}	16,5448 ^{ns}	29,5603 **	7,9370 *
B Linear	1	1,9274 ^{ns}	1,5343 ^{ns}	1,8514 ^{ns}	17,5750 *
B Quadrática	1	3,2019 ^{ns}	35,2272 **	8,6877 ^{ns}	11,1946 ^{ns}
Zn Linear	1	1,3526 ^{ns}	3,0572 ^{ns}	30,8389 *	31,7814 **
Zn Quadrática	1	0,4701 ^{ns}	0,1804 ^{ns}	12,3728 ^{ns}	12,2442 ^{ns}
BL x Zn Linear	1	0,5419 ^{ns}	2,4745 ^{ns}	0,5020 ^{ns}	0,0496 ^{ns}
T1 vs T17 (NPK)	1	3,1752 ^{ns}	0,1058 ^{ns}	9,7240 ^{ns}	4,8672 ^{ns}
Resíduo	48	0,9672	4,4109	4,5104	4,0366
C.V.	-	10,26	14,00	12,04	13,68

ns, *, ** = não significativo ao nível de 0,05, significativo ao nível de 0,05 e significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste “F”; respectivamente.

Na Figura 2, pode-se verificar o efeito quadrático do diâmetro caulinar em função de níveis crescentes de B na cultura do algodoeiro herbáceo, e de acordo com a equação de regressão obtida, o maior diâmetro (18,35 mm) aos 60 dias após a emergência das plântulas (Figura 2A), seria necessário à adição no solo de 2,7 kg.ha⁻¹ de B. Na figura 2B observa-se que houve efeito linear do diâmetro caulinar para os teores de Zn adicionados ao solo e, de acordo com a equação obtida, o maior diâmetro (18,26 mm) aos 90 dias após a emergência das plântulas, dentro do intervalo pesquisado seria necessário à adição no solo de 1,2 kg.ha⁻¹ de Zn, resultado semelhante ao da

Fig. 2B foi obtido na Fig. 2D, onde de acordo com a equação obtida, o maior diâmetro (15,30 mm) aos 120 dias após a emergência das plântulas, dentro do intervalo pesquisado seria necessário à adição no solo de 1,2 kg.ha⁻¹ de Zn. E ainda, na figura 2C, tem-se o efeito linear positivo dos teores de B sobre o diâmetro caulinar aos 120 dias após a emergência das plântulas, observa-se também que o maior diâmetro (16,23 mm) de acordo com a equação, dentro do intervalo pesquisado seria necessário à incorporação ao solo de 6,0 kg.ha⁻¹ de B para esta característica do algodoeiro herbáceo.



* e **, significativo a 5 e 1 %, respectivamente pelo teste “F”

Figura 2. Estimativa dos valores da característica diâmetro caulinar (DC, mm) aos 60 e 90 dias após a emergência (dae), em função de níveis crescentes de Boro (B, kg ha⁻¹) e Zinco (Zn, kg ha⁻¹), na cultura do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.

Segundo a análise de variância (Tabela 4) para área foliar aos 30 dias após a emergência (dae) não houve efeito significativo dos níveis crescentes de boro e zinco sobre os resultados. No entanto, já aos 60 e 90 dae houve efeito altamente significativo ($p \leq 0,01$) dos níveis crescentes de boro e zinco sobre esta variável. Pacheco et al. (2007) em sua pesquisa sobre o efeito do boro e zinco no crescimento e produção do algodão, verificou que não foram constatadas variações significativas de produção nos tratamentos testemunha e fornecimento exclusivo de B+Zn via solo, registrando para estes, valores de produção muito abaixo daqueles com adubações mais completas. Isto demonstra que a aplicação isolada de B+Zn ao solo pode ser inócua, caso outras deficiências nutricionais não sejam primeiro corrigidas. Araújo et al. (2012),

pesquisando o efeito de doses de boro e zinco na absorção de nitrogênio e fósforo pelo algodoeiro em cultivo hidropônico, verificou que, a interação entre os tratamentos B e Zn não foi observada para nenhuma das variáveis estudadas. Houve resposta significativa das concentrações de boro para teor de nitrogênio na raiz, teor de fósforo na parte aérea, teor de fósforo na raiz, teor de fósforo na maçã, conteúdo de fósforo na parte aérea, conteúdo de fósforo na raiz, conteúdo de fósforo na maçã, eficiência de absorção de fósforo, eficiência de transporte de fósforo e eficiência de utilização de fósforo. As concentrações de B e/ou Zn na solução nutritiva não afetaram o teor de N na parte aérea e frutos, o conteúdo de N na parte aérea, raiz e frutos, nem as eficiências de absorção, transporte e utilização de N pelo algodoeiro.

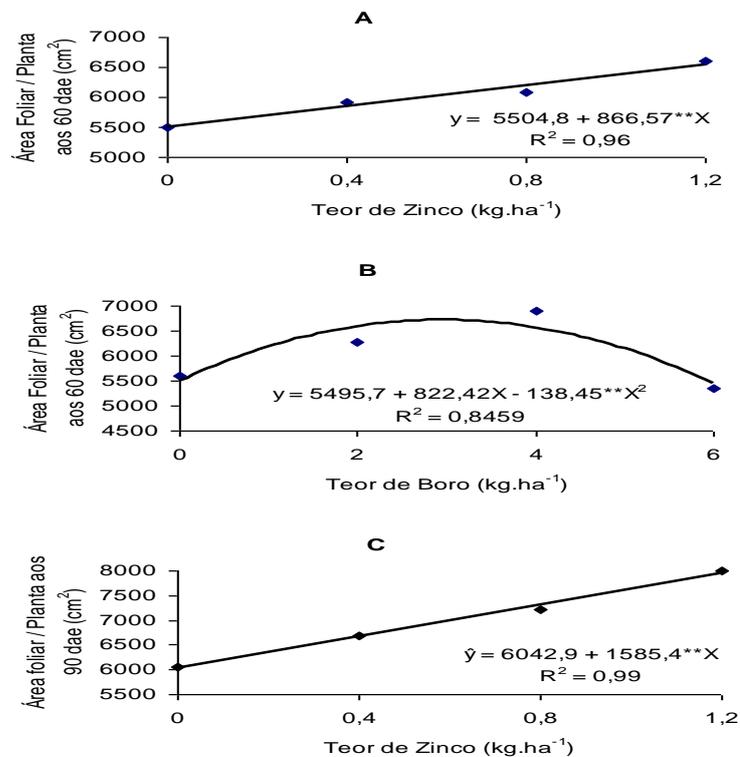
Tabela 4. Resumos das análises de variância da área foliar, em três épocas: 30, 60 e 90 dias após a emergência do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de Boro e Zinco.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		Área foliar (cm ²)		
		30 dae	60 dae	90 dae
Tratamentos	16	998790,950 *	5012412,28 *	8123119,30 ^{ns}
Bloco	3	1610943,330 *	22062530,12 **	30821455,30 **
B Linear	1	969088,494 ^{ns}	321654,69 ^{ns}	8591475,56 ^{ns}
B Quadrática	1	195848,561 ^{ns}	15945910,51 **	4878543,61 ^{ns}
Zn Linear	1	39414,056 ^{ns}	20256130,82 **	68925314,45 **
Zn Quadrática	1	1180472,805 ^{ns}	658369,27 ^{ns}	2695570,89 ^{ns}
BL x ZnL	1	234823,837 ^{ns}	1537461,39 ^{ns}	395,91 ^{ns}
T1 vs T17 (NPK)	1	1690276,799 ^{ns}	4385541,06 ^{ns}	6500754,34 ^{ns}
Resíduo	48	477943,160	2098443,50	7269078,70
C.V.	-	29,67	24,51	39,71

ns, *, ** = não significativo ao nível de 5%, significativo ao nível de 5% e significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “F”; respectivamente.

Enquanto que na Figura 3A e 3C apresenta o resultado do efeito do zinco na área foliar no algodoeiro herbáceo aos 90 dias após a emergência (dae), na qual, observa-se que houve efeito linear crescente ($P \leq 0,01$) na área foliar para os teores de zinco (kg ha⁻¹) adicionados ao solo. Observa-se que o zinco afetou mais a área foliar do que o

diâmetro do caule. Na figura 3B estão os resultados dos teores de B (kg.ha⁻¹) na área foliar do algodoeiro herbáceo aos 60 dae, na qual, observa-se que houve efeito quadrático ($P \leq 0,01$) para os teores de B (kg.ha⁻¹) adicionados ao solo



** e *, significativo a 1 e 5 %, respectivamente pelo teste “F”

Figura 4. Estimativa dos valores da característica área foliar aos 90 dias após a emergência (dae), em função de níveis crescentes de zinco (Zn, kg ha⁻¹) no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 200

CONCLUSÕES

O crescimento do algodoeiro, cultivar BRS 201, medido via altura de planta, foi alterado pelos micronutrientes zinco e boro, com incremento significativo, da ordem de 15,71%, em relação ao tratamento que não recebeu tais elementos químicos.

A altura da planta (AP), o diâmetro do caule (DC) e a área foliar do algodoeiro (AFP) aumentaram com as doses de zinco e boro.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, É. de O.; DA SILVA, M. A. C. Efeito de doses de boro e zinco na absorção de nitrogênio e fósforo pelo algodoeiro em cultivo hidropônico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 7, núm. 4, outubro-diciembre, 2012, pp. 574-579

BLEVINS, D.G. More hidden hunger: Special nutrient needs of plants based on their structure and function. In: *INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM*, 16., 2009, Davis. *Proceedings...*: Davis, 2009. Disponível em: <<http://escholarship.org/uc/item/7pz1g68s>>.

BOGIANI, J. C.; TOZI, T. de S.; ROSOLEM, C. A. Comportamento de cultivares de algodoeiro a aplicação de diferentes doses de Cloreto de Mepiquat. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO*, 6., 2007, Uberlândia. *Resumos...* Uberlândia, 2007. p. 1-7 1 CD-ROM

BOGIANI, J.C. **absorção e mobilidade do boro em cultivares de algodão**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu-SP, 2010, 89p. (Dissertação de Mestrado)

BUSSAB, W.O.; MARETTIN, P.A. *Estatística básica*. 5a ed. São Paulo, Saraiva, 2004. 120p.

CARVALHO, L.H. **Efeitos da calagem e da adubação boratada sobre o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo – fase arenosa**: Piracicaba: USP/ESALQ, 1980. 64p. (Dissertação de Mestrado).

CARVALHO, M.C.S.; FERREIRA, G.B. & STAUT, L.A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C., ed. *Algodão no cerrado do Brasil*. Brasília, ABRAPA, 2007. 918p. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

CHIAVEGATO, E. J. Efeito do ambiente e de cultivares nos componentes da produção e nas características

tecnológicas da fibra e do fio de algodão. Piracicaba: ESALQ/USP, Tese de Doutorado, 1995, 115p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EMBRAPA ALGODÃO. Cultivares de algodão para a safra 2000/2001. Campina Grande, 2000. 11 p.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; REZENDE, L. C.; SOUZA E SILVA, S. S.; LEITE, M. A. S. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. *Engenharia na Agricultura*. Viçosa, v. 9, n. 3, p. 147-53. 2001.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Fortaleza CE. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/chuvas-mensais-municipios>>. Acesso em 01 de fevereiro de 2014.

OLIVEIRA, R.H.; MILANEZE, R.S.D.; MORAES-DALLAQUA, M.A. & ROSOLEM, C.A. Boron deficiency inhibits petiole and peduncle cell development and reduces growth of cotton. *J. Plant Nutr.*, 29:2035-2048, 2006.

LOPES, K. P. ALMEIDA, F. de A. C. CARVALHO, J. M. F. C. BRUNO, R. de L. A. Criopreservação de eixos embrionários zigóticos de algodoeiro *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.17, n.3, p.291–298, 2013.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. Piracicaba: Pioneira, 1974. p. 179-201.

PACHECO, D. D.; GONÇALVES, N. P.; FARIAS, R. S. de; LANZA, M. A.; FONSECA, P. P. C.; MOREIRA, D. A. **Crescimento e produção de algodoeiro, epamig precoce 1, em resposta a formas de aplicação de boro e zinco no norte de Minas Gerais**. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. 2007, Anais... Uberlândia-MG, p. 1-6.

ROCHESTER, I. Nutrient uptake and export from an Australian cotton field. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 77:213-223, 2007.

ROSOLEM, C. A.; COSTA, A. Nutrição boratada e crescimento do algodoeiro em função de deficiência temporária de boro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2. 1999, Ribeirão Preto. *Anais ...* Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1999. 716 p. p. 403 – 406.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's Guide: Version 8**. Cary: SAS INSTITUTE Inc., 1999. 3.809 p.

SOARES, B. F.; MACIEL, J. S. Avaliação comparativa da deposição de produto fitossanitário entre um sistema de pulverização convencional e um sistema eletrostático para a cultura do algodão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2006, Jundiaí. Anais... [S. l: s. n.], SINTAG 2006.

WENDT, C. W. Use of relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.) and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p. 484-486, September-october, 1967.