

## CRESCIMENTO DE DUAS CULTIVARES DE MAMONEIRA ADUBADAS COM POTÁSSIO, COBRE E ZINCO<sup>1</sup>

EDVALDO ELOY DANTAS JÚNIOR<sup>2</sup>, LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES<sup>2\*</sup>, FERNANDO ANTONIO MELO DA COSTA<sup>2</sup>, EVANDRO FRANKLIN DE MESQUITA<sup>2</sup>, DIVA LIMA DE ARAUJO<sup>2</sup>

**RESUMO** - Propôs-se, no presente trabalho, avaliar os efeitos do potássio, cobre e zinco no crescimento e na produção de sementes da mamoneira (*Ricinus communis* L.), cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu. Realizou-se para cada cultivar, um experimento em casa de vegetação, em Campina Grande, PB. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 x 2, no total de 24 unidades experimentais, em cada experimento, submetidos aos seguintes níveis de adubação: potássio (150 e 250 kg ha<sup>-1</sup>), cobre (16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>) e zinco (32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>) incorporados a 80 kg de solo e em seguida acondicionados em vasos plásticos. Os dados referentes a altura da planta, diâmetro caulinar e área foliar foram medidos aos 21, 42, 62, 82, 102 e 123 dias após a semeadura (DAS). No final dos experimentos foram avaliados o número e o peso de sementes. As doses de potássio, cobre e zinco influenciaram o crescimento das mamoneiras BRS Nordestina e BRS Paraguaçu e a produção da BRS Paraguaçu. A maior produção em peso de sementes foi da BRS Paraguaçu com as doses de 250 kg ha<sup>-1</sup>, 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O, Cu e Zn, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Nutrição de plantas. Macronutrente. Micronutrientes

## GROWTH OF TWO CASTOR CULTIVARS FERTILIZED WITH POTASSIUM, COPPER AND ZINC

**ABSTRACT** - The present study was carried out aiming to evaluate the effects of potassium, copper and zinc on the growth and seed yield of castor (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS Nordestina and BRS Paraguaçu. Two experiments were conducted in a greenhouse, in Campina Grande, Paraíba State, Brazil. The experimental was conducted 2 x 2 x 2 factorial design completely randomized amounting in each experiment, a total of 24 experimental units, subjected to the following levels of fertilization: potassium (150 and 250 kg ha<sup>-1</sup>), copper (16 and 32 mg dm<sup>-3</sup>) and zinc (32 and 64 mg dm<sup>-3</sup>). Plant height, stem diameter, number and length of leaves were measured at 21, 42, 62, 82, 102 e 123 days after planting (DAP). Number and weight of seeds were measured. Potassium, copper and zinc did influence BRS Paraguaçu and BRS Nordestina growth and BRS Paraguaçu production. The highest yield of seed weight of BRS Paraguaçu corresponded to 250 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, 16 and 32 mg dm<sup>-3</sup> Cu and Zn, respectively.

**Keywords:** *Ricinus communis* L. Plant nutrition. Macronutrient. Micronutrients.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 25/05/2010; aceito em 25/08/2010.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG, av. Aprígio Veloso, 882, 58429-140, Campina Grande - PB; edvaldoeloyjr@gmail.com; lhgarofalo@hotmail.com; nando\_ufcg@hotmail.com; elmesquita4@yahoo.com.br; dyva-araujo@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A mamoneira, oleaginosa de relevante importância econômica e social, é uma cultura exigente em fertilidade do solo em relação ao alcance de alta produtividade (SEVERINO et al., 2006). A deficiência de macronutrientes, como o potássio, afeta não só o crescimento vegetativo mas também o reprodutivo, enquanto a de micronutrientes se expressa principalmente sobre o crescimento reprodutivo (SANTOS et al., 2004; FERREIRA et al., 2004a,b; LIMA et al., 2000; MAGALHÃES et al., 2002).

O potássio induz à atividade de mais de 60 enzimas mantendo a turgescência da folha, razão pela qual é essencial no transporte interno de açúcares e no equilíbrio eletroquímico da planta; a deficiência de potássio ocasiona redução na atividade fotossintética das folhas, aumento da respiração radicular, redução no crescimento dos brotos e aumento no crescimento radicular (PEUKE et al., 2002).

O zinco e o cobre são micronutrientes necessários para o crescimento das plantas. Segundo Santos et al. (2004) e Ferreira et al. (2004b), a mamoneira é muito sensível a baixos teores de cobre, condição que impõe reduções na produtividade, superiores a 50%. Ela é mais tolerante à deficiência de zinco, seja por sua baixa necessidade ou pela alta capacidade de extração desse nutriente do solo (FERREIRA et al., 2004b). No entanto, em ensaio de diagnose por subtração utilizando-se a cultivar Íris, a omissão de Cu e Zn não provocou sintomas de deficiência nem redução na produção de matéria seca total das plantas (LANGE et al., 2005).

Araujo et al. (2009) e Ribeiro et al. (2009) encontraram, utilizando quinze tratamentos distribuídos em Matriz Baconiana com doses de N (40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>), P (30, 60, 90, 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) e K (30, 60, 90, 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), as melhores respostas no crescimento das mamoneiras com as doses de 200:150:150 kg ha<sup>-1</sup> e 200:120:150 kg ha<sup>-1</sup> de N:P:K para as cultivares BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, respectivamente. Continuando com os trabalhos relacionados com os níveis de adubação, Mesquita et al. (2009), estudando os efeitos da combinação de duas doses de nitrogênio (200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>), duas doses de fósforo (150 e 250 kg ha<sup>-1</sup>) e duas doses de potássio (150 e 250 kg ha<sup>-1</sup>), no desenvolvimento das cultivares acima citadas, observaram que dentre os tratamentos utilizados houve diferença significativa nas variáveis biológicas e na produção, apenas entre as doses de potássio.

Paralelamente aos trabalhos de adubação utilizando macronutrientes, Chaves et al. (2009 a, b), avaliaram os efeitos da adubação mineral com os micronutrientes zinco (0 a 8 mg dm<sup>-3</sup>) e cobre (0 a 4 mg dm<sup>-3</sup>), sobre o desenvolvimento inicial e o estado nutricional da mamoneira em relação a esses nutrientes e concluíram que os teores de zinco não influenciaram o crescimento das plantas da mamoneira; os teores de cobre só influenciaram na massa seca das

folhas e na fitomassa total da parte aérea e nas folhas e caule das plantas, referidos elementos foram considerados, em geral, baixos.

Nesta mesma linha de trabalho objetivou-se avaliar o crescimento e a produção das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, em função de doses mais elevadas de potássio, zinco e cobre.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, no período de janeiro a maio de 2009, com as cultivares de mamoneira BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, cultivadas em vasos plásticos preenchidos, individualmente, com 80 kg de material de solo franco-arenoso (Neossolo Regolítico Eutrófico típico), coletado na camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade) com as seguintes características: areia = 770,5 g kg<sup>-1</sup>; silte = 84,6 g kg<sup>-1</sup>; argila = 144,9 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O) = 6,4; Ca = 2,41 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg = 2,37 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Na = 0,04 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; K = 0,02 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; H = 0,95 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Al = 0,20 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; matéria orgânica = 6,5 g kg<sup>-1</sup> e P = 21,7 mg kg<sup>-1</sup>.

O preenchimento dos vasos foi realizado com solo previamente secado ao ar, peneirado e adubado com 250 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em fundação e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, parcelado em seis aplicações (semeio; 10; 20; 30; 40 e 50 dias após a semeadura - DAS) utilizando-se, como fonte dos elementos, os adubos superfosfato triplo e uréia, respectivamente. Os tratamentos consistiram da aplicação de duas doses de Cu (16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>) combinadas com duas doses de Zn (32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>) e duas doses de K<sub>2</sub>O (150 e 250 kg ha<sup>-1</sup>), dispostos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com três repetições, perfazendo o total de 24 unidades experimentais para cada experimento. A adubação de K<sub>2</sub>O, cuja fonte foi o cloreto de potássio, foi parcelada em seis aplicações, em con-comitância com o N; já a adubação do Cu e do Zn, tendo como fontes o sulfato de cobre e o sulfato de zinco, foi parcelada em quatro aplicações (semeio; 20; 40 e 60 DAS). Utilizou-se, em um dos experimentos, a cv. de mamona BRS Nordestina e no outro a BRS Paraguaçu; cada vaso recebeu cinco sementes de mamona, mantendo-se apenas uma planta por vaso, em seguida ao desbaste, aos 20 dias após a emergência. Durante o período experimental (123 dias) o solo foi mantido com umidade a 90% da capacidade de campo, utilizando-se monitoramento diário da umidade, através de sonda TDR.

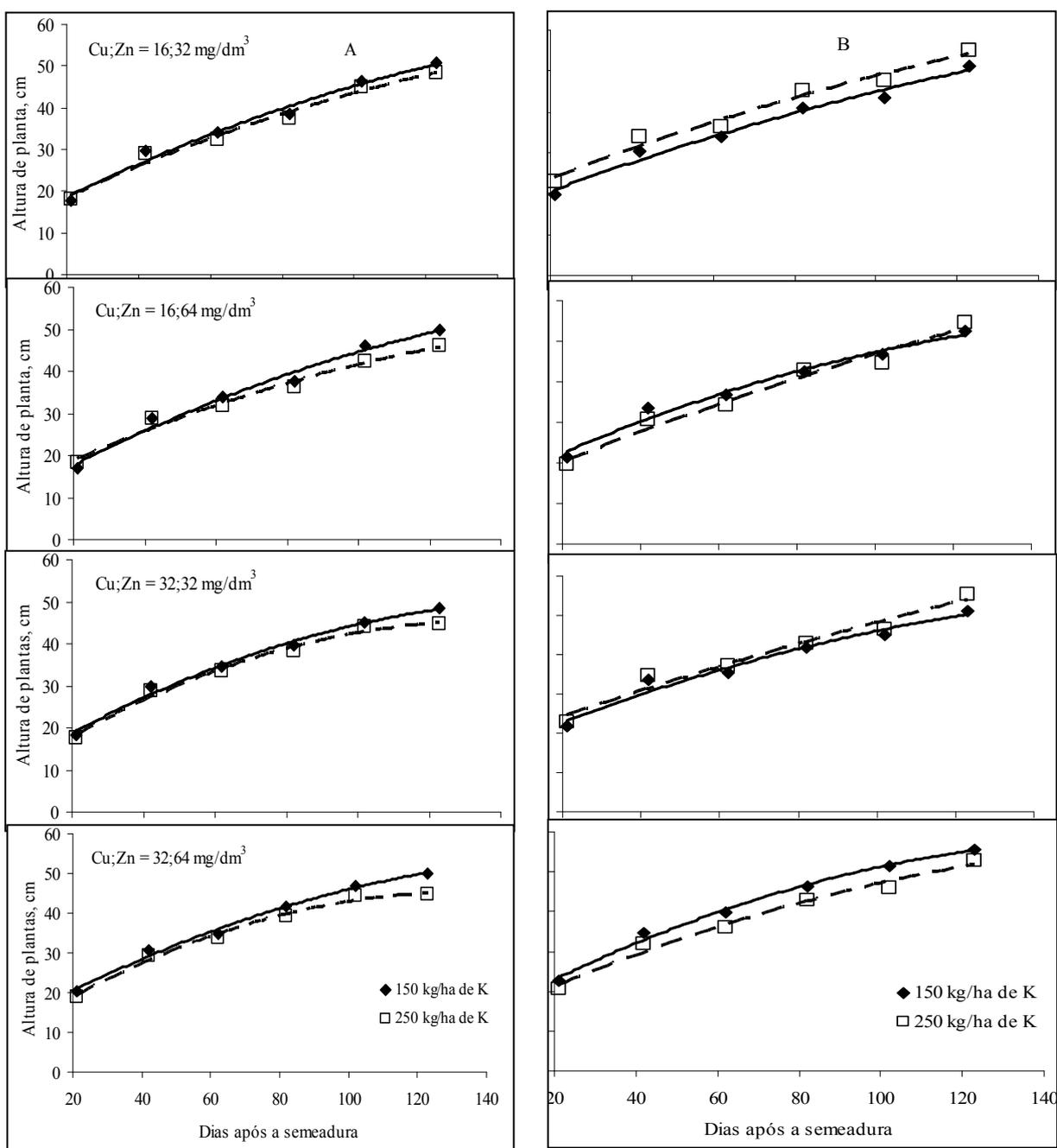
Avaliaram-se, aos 21, 42, 62, 82, 102 e 123 DAS, as características de crescimento das plantas, como: altura da planta, diâmetro do caule na base, número e comprimento de folhas; o cálculo da área foliar (AF) foi feito de acordo com o método de

Wendt (1967), utilizando-se a fórmula  $\log(Y) = \Sigma\{-0,346 + [2,152 \times \log(X)]\}$ , sendo Y a área foliar em  $\text{cm}^2$  e X o comprimento da nervura central da folha, em cm.

Aos 123 DAS os frutos foram coletados e submetidos a estufa a  $60^\circ\text{C}$  com circulação de ar, até se obter peso constante; em seguida, as sementes foram retiradas dos frutos, contadas e pesadas em separado, para cada planta; enfim, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos com  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  provocaram alturas superiores às das plantas submetidas aos tratamentos com  $250 \text{ kg ha}^{-1}$ , com exceção da cultivar BRS Paraguaçu com os tratamentos que receberam a combinação de Cu e Zn com 16 e 32  $\text{mg dm}^{-3}$  e com 32 e 32  $\text{mg dm}^{-3}$  (Figura 1B). Provavelmente, a maior dose de K pode ter provocado maior estresse osmótico, prejudicando o desenvolvimento e a produção da cultivar (PACHECO et al., 2008a).



**Figura 1.** Altura das plantas de mamona, cultivares BRS Nordeste (A) e BRS Paraguaçu (B), submetidas aos tratamentos com 150 e  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 16 e 64  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 32 e 32  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 32 e 64  $\text{mg dm}^{-3}$ .

Os modelos matemáticos do crescimento das plantas de mamona, cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu submetidas aos tratamentos com 150 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de K e dosagens de Cu e Zn, respecti-

vamente, nas seguintes proporções: 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 16 e 64 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>, são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Equações das curvas da altura das plantas de mamona, cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, submetidas aos tratamentos com 150 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 16 e 64 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>.

Trat. K Cu Zn	Equações das curvas da altura de plantas			
	BRS Nordestina		BRS Paraguaçu	
150-16-32	$y = -0,001 x^2 + 0,456 x + 9,903$	$R^2 = 0,98$	$y = -0,0007 x^2 + 0,392 x + 13,043$	$R^2 = 0,98$
250-16-32	$y = -0,001 x^2 + 0,429 x + 10,371$	$R^2 = 0,98$	$y = -0,0008 x^2 + 0,407 x + 15,843$	$R^2 = 0,98$
150-16-64	$y = -0,001 x^2 + 0,473 x + 8,668$	$R^2 = 0,98$	$y = -0,0012 x^2 + 0,458 x + 13,805$	$R^2 = 0,98$
250-16-64	$y = -0,001 x^2 + 0,408 x + 11,089$	$R^2 = 0,98$	$y = -0,0005 x^2 + 0,393 x + 12,71$	$R^2 = 0,97$
150-32-32	$y = -0,0016 x^2 + 0,517 x + 9,039$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,001 x^2 + 0,415 x + 14,913$	$R^2 = 0,97$
250-32-32	$y = -0,002 x^2 + 0,557 x + 7,463$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0004 x^2 + 0,348 x + 17,557$	$R^2 = 0,97$
150-32-64	$y = -0,002 x^2 + 0,481 x + 11,342$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0017 x^2 + 0,561 x + 12,355$	$R^2 = 0,99$
250-32-64	$y = -0,002 x^2 + 0,546 x + 8,778$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0012 x^2 + 0,466 x + 12,326$	$R^2 = 0,98$

Os valores de altura das plantas analisados em função dos tratamentos nas diversas épocas avaliadas, foram significativos apenas em relação ao tratamento com potássio, aos 123 DAS, para a mamoneira cultivar BRS Nordestina (Tabela 2); ao contrário, Mesquita et al. (2009), não constataram diferenças significativas em relação às doses iguais de NPK testadas no presente trabalho. Araujo et al. (2009) e Ribeiro et al. (2009), também não notaram efeito significativo das doses de potássio utilizadas sobre a altura de plantas de mamoneira das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, corroborando com Severino et al. (2006) que avaliaram o efeito de doses crescentes de K (0; 20; 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) na altura de plantas da cultivar BRS Nordestina, aos 170 DAP, no município de Quixeramobim, CE. Entretanto, Severino et al. (2004), utilizando essas mesmas doses de K e a mesma cultivar, encontraram efeito significativo das mesmas sobre a altura de plantas, aos 120 DAP, no município de Assu, RN. Quanto à aplicação de cobre e zinco em mamoneira BRS Paraguaçu, observa-se que não exerceu efeito significativo na altura das plantas (CHAVES et al., 2009a).

A altura das plantas da mamoneira cultivar BRS Paraguaçu foi influenciada significativamente em função dos tratamentos com potássio aos 123 DAS, com cobre aos 62 DAS e com a interação de potássio com zinco a partir dos 42 DAS (Tabela 2) discordando de Chaves et al. (2009 b) que, ao estudarem as respostas da mamoneira adubada com Zn e Cu, observaram que as adubações não inferiram diferenças significativas entre os tratamentos, quando avaliada a altura das plantas.

Ao longo do período experimental os valores

da altura das plantas das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu variaram de 20 a 50 cm e de 20 a 56 cm, respectivamente, corroborando com Mesquita et al. (2009) e Rodrigues et al. (2009), embora esses autores tenham relatado alturas com valores maiores para as duas cultivares. Enquanto no presente estudo os valores das médias gerais das alturas de plantas das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu foram de 47,85 e 53,57 cm, respectivamente, Mesquita et al. (2009) relataram alturas de 79,49 e 88,83 cm para as mesmas cultivares. Araujo et al. (2009) e Ribeiro et al. (2009) também ressaltam maiores alturas de planta para as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, correspondentes a 67,3 a 70,3 cm e de 66,17 a 69,67 cm, para os níveis de 30 a 150 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, aos 120 DAS, respectivamente. Da mesma forma, as plantas da cultivar BRS Paraguaçu utilizadas com doses de cobre (4 mg dm<sup>-3</sup>) e zinco (8 mg dm<sup>-3</sup>) aos 100 DAS, também tiveram maiores alturas, aproximadamente com 55 cm (CHAVES et al., 2009a).

O diâmetro caulinar é um parâmetro importante em análises não-destrutivas de crescimento e, de acordo com os resultados obtidos de tal parâmetro, apresentaram aumento em função do tempo (Figura 2).

Os modelos matemáticos do diâmetro caulinar das plantas de mamona, cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu submetidas aos tratamentos com 150 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 16 e 64 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>, são apresentados na Tabela 3.

Os tratamentos com as adubações de K, Cu e Zn, nas dosagens e nas condições em que os experi-

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância da altura de planta aos 21, 42, 62, 82, 102 e 123 dias após a semeadura das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, submetidas a doses crescentes de potássio, cobre e zinco.

Tratamentos	Dias após a semeadura					
	21	42	62	82	102	123
Altura das plantas de BRS Nordestina (cm)						
K	ns	ns	ns	ns	ns	*
Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
M.G.	18,29	29,29	33,66	38,62	44,99	47,85
CV(%)	11,13	7,58	6,44	6,91	7,54	8,10
Altura das plantas de BRS Paraguaçu (cm)						
K	ns	ns	ns	ns	ns	*
Cu	ns	ns	*	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Zn	ns	*	**	*	**	*
Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
M.G.	21,44	32,94	36,37	43,21	46,44	53,57
CV (%)	14,26	8,39	4,10	5,52	5,92	3,96

M.G = média geral; CV = Coeficiente de variação, ns = não significativo; \* e \*\* = respectivamente significativos para 5 e 1%.

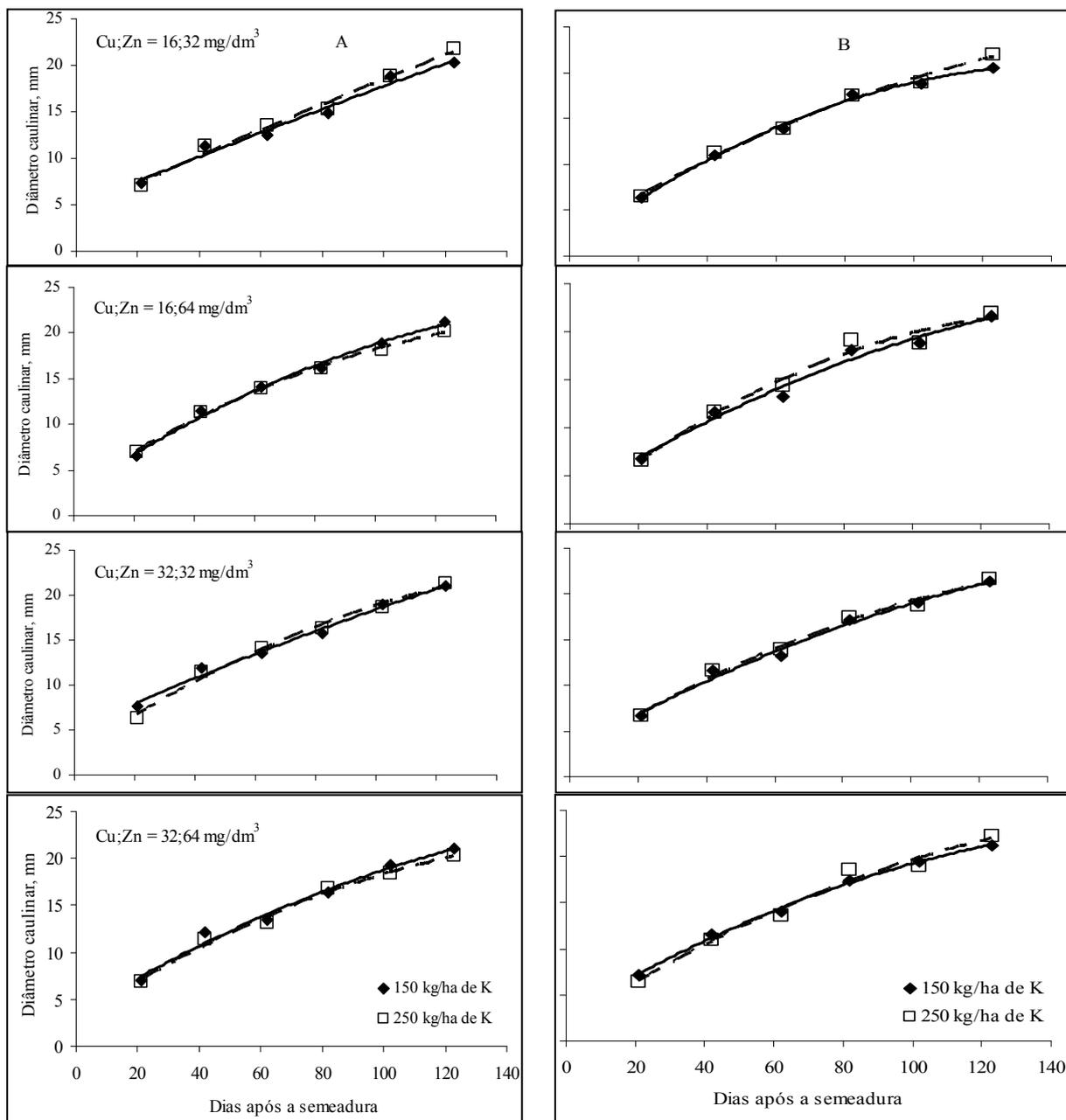
mentos foram conduzidos, refletiram em diferenças significativas nos diâmetros dos caules, em algumas situações (Tabela 4). O diâmetro caulinar em estudos com mamoneira adubada com Cu e Zn, não foi afetado significativamente, de forma que não houve diferenças entre os tratamentos com respeito a este parâmetro de crescimento, porém, se constatou tendência do aumento do diâmetro caulinar em função do tempo (CHAVES et al., 2009 a,b). Em relação ao pinhão manso (*Jatropha curcas*), planta da família das Euphorbiaceae, adubado com Cu e Zn, o efeito do Zn foi significativo sobre o diâmetro caulinar, dos

50 aos 110 DAS e do Cu somente aos 90 DAS (CHAVES et al., 2010).

Os diâmetros caulinares apresentaram aumento em função dos tratamentos com efeito significativo do potássio e do cobre aos 42 DAS e da interação do cobre com zinco, aos 62 DAS para a BRS Nordestina (Tabela 4). Também foi significativo o efeito do potássio aos 123 DAS, do zinco aos 82 DAS e da interação do potássio com cobre e com zinco aos 62 DAS, para a BRS Paraguaçu. O efeito do potássio sobre o diâmetro caulinar no presente trabalho, foi corroborado por Araújo et al. (2009) e Mesquita et

**Tabela 3.** Equações das curvas do diâmetro caulinar das plantas de mamona, cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu submetidas aos tratamentos com 150 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 16 e 64 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>.

Trat. K Cu Zn	Equações das curvas do diâmetro caulinar			
	BRS Nordestina		BRS Paraguaçu	
150-16-32	$y = -7E-05 x^2 + 0,136 x + 4,835$	$R^2 = 0,98$	$y = -0,0009 x^2 + 0,272 x + 1,037$	$R^2 = 0,99$
250-16-32	$y = -6E-05 x^2 + 0,145 x + 4,565$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0006 x^2 + 0,227 x + 2,245$	$R^2 = 0,99$
150-16-64	$y = -0,0006 x^2 + 0,218 x + 2,606$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0008 x^2 + 0,248 x + 2,054$	$R^2 = 0,98$
250-16-64	$y = -0,0005 x^2 + 0,207 x + 3,159$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,001 x^2 + 0,283 x + 1,142$	$R^2 = 0,98$
150-32-32	$y = -0,0002 x^2 + 0,152 x + 4,948$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0005 x^2 + 0,208 x + 2,872$	$R^2 = 0,99$
250-32-32	$y = -0,0006 x^2 + 0,222 x + 2,395$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0006 x^2 + 0,231 x + 3,389$	$R^2 = 0,99$
150-32-64	$y = -0,0005 x^2 + 0,199 x + 3,454$	$R^2 = 0,98$	$y = -0,0006 x^2 + 0,223 x + 2,868$	$R^2 = 0,99$
250-32-64	$y = -0,0006 x^2 + 0,213 x + 2,852$	$R^2 = 0,99$	$y = -0,0006 x^2 + 0,242 x + 1,743$	$R^2 = 0,98$



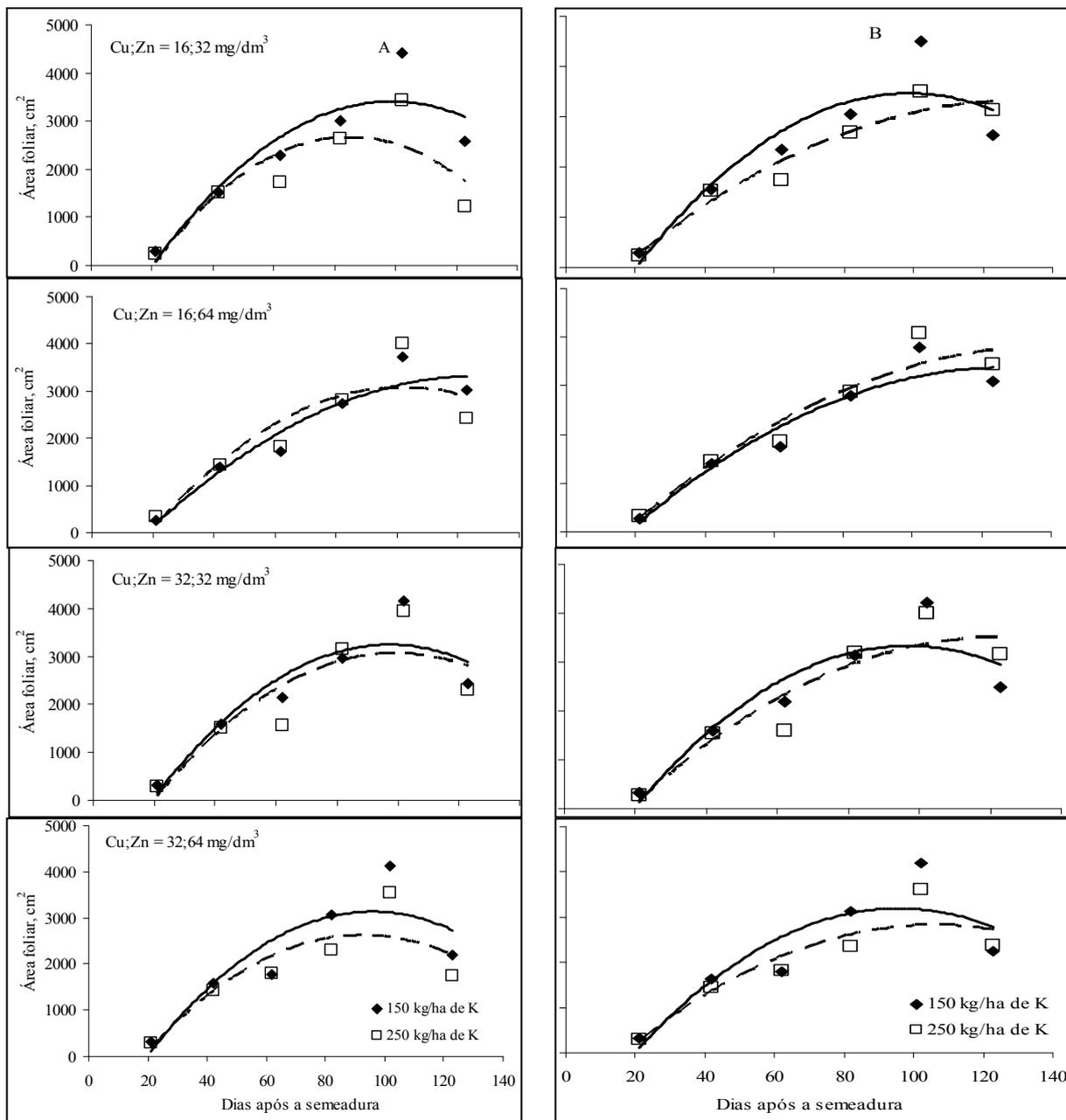
**Figura 2.** Diâmetro caulinar, cultivares BRS Nordestina (A) e BRS Paraguaçu (B), submetidas aos tratamentos com 150 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 16 e 64 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>

al. (2009), discordando com Severino et al. (2006) e Ribeiro et al. (2009) para a BRS Paraguaçu. O valor médio de 20,93 mm em 123 DAS para a cultivar BRS Nordestina, foi menor que o observado por Araujo et al. (2009) e Mesquita (2010) para a mesma cultivar, que apresentaram o diâmetro caulinar em média de 25 mm, e por Rodrigues et al. (2009), que indicaram o diâmetro caulinar igual a 31,24 mm. Em relação à cultivar BRS Paraguaçu, a média geral foi 21,4 mm, mostrando ser maior que o valor de 20 mm observado por Ribeiro et al. (2009) e menor que os valores observados por Rodrigues et al. (2009) e Silva et al. (2008), em torno de 31,37 mm e 27 mm, respectivamente. De acordo com Souza et al. (2007),

o diâmetro caulinar variou de 4,17 a 5,27 cm entre os meses de fevereiro a dezembro.

A área foliar é um dos mais importantes índices de crescimento das plantas pois retrata o tamanho do seu aparelho assimilatório, o qual está diretamente relacionado com os processos fisiológicos das plantas. A medição da área foliar da mamoneira é uma ação importante para a pesquisa com essa cultura, por se tratar da característica que melhor expressa a adequação ou não, das condições ambientais ao desenvolvimento da planta (RIBEIRO et al., 2009).

Em todos os tratamentos a área foliar aumentou até aproximadamente 100 DAS; a partir deste período, observou-se um decréscimo acompanhado



**Figura 3.** Área foliar das cultivares BRS Nordestina (A) e BRS Paraguaçu (B), submetidas aos tratamentos com 150 e 250  $\text{kg ha}^{-1}$  de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 16 e 64  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 32 e 32  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 32 e 64  $\text{mg dm}^{-3}$

de abscisões foliares em virtude, provavelmente, da senescência das folhas (Tabela 6). A paralisação no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento reprodutivo, ocorre pelo direcionamento dos fotoassimilados, para crescimento dos órgãos produtivos, considerando-se que os frutos em formação atuam como drenos de fotoassimilados ocasionando, desta forma, redução na área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os modelos matemáticos da área foliar das plantas de mamona, cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu submetidas aos tratamentos com 150 e 250  $\text{kg ha}^{-1}$  de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32  $\text{mg}$

$\text{dm}^{-3}$ ; 16 e 64  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 32 e 32  $\text{mg dm}^{-3}$ ; 32 e 64  $\text{mg dm}^{-3}$ , são apresentados na Tabela 5.

Os tratamentos com K, Zn e a interação K com Zn, exerceram efeito significativo sobre a área foliar aos 62 DAS das plantas da cultivar BRS Nordestina; já para a cultivar BRS Paraguaçu aos 62 DAS, a área foliar foi influenciada significativamente em função do K, Zn e da interação K com Zn e, aos 123 DAS, em função do K, Cu e da interação do Cu com Zn. No entanto, as maiores médias gerais da área foliar foram aos 102 DAS para as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, correspondentes a 3921,22 e 3989,84  $\text{cm}^2$ , respectivamente (Tabela 6).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para diâmetro caulinar, aos 21, 42, 62, 82, 102 e 123 dias após a semeadura (DAS) das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, submetidas aos tratamentos com potássio, cobre e zinco.

Tratamentos	Dias após a semeadura					
	21	42	62	82	102	123
Diâmetro do caule de BRS Nordestina (mm)						
K	ns	*	ns	ns	ns	ns
Cu	ns	*	ns	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu x Zn	ns	ns	*	ns	ns	ns
K x Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
M.G.	6,97	11,55	13,52	15,92	18,75	20,93
CV(%)	7,96	3,35	5,49	9,83	6,27	4,78
Diâmetro do caule de BRS Paraguaçu (mm)						
K	ns	ns	ns	ns	ns	*
Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	ns	*	ns	ns
K x Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Cu x Zn	ns	ns	*	ns	ns	ns
M.G.	6,67	11,43	13,76	17,86	18,95	21,45
CV(%)	5,42	4,38	4,02	5,47	6,38	5,42

M.G = média geral; CV = Coeficiente de variação, ns = não significativo; \* e \*\* = respectivamente significativos para 5 e 1%.

**Tabela 5.** Equações das curvas da área foliar das plantas de mamona, cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, submetidas aos tratamentos com 150 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de K e dosagens de Cu e Zn, respectivamente, nas seguintes proporções: 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 16 e 64 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 32 mg dm<sup>-3</sup>; 32 e 64 mg dm<sup>-3</sup>

Trat. K Cu Zn	Equações das curvas da área foliar			
	BRS Nordestina		BRS Paraguaçu	
150-16-32	$y = -0,552 x^2 + 108,95 x - 1966,9$	$R^2 = 0,84$	$y = -0,5618 x^2 + 110,85 x - 2001,3$	$R^2 = 0,84$
250-16-32	$y = -0,645 x^2 + 109,25 x - 1955,4$	$R^2 = 0,75$	$y = -0,2541 x^2 + 66,54 x - 1031,1$	$R^2 = 0,95$
150-16-64	$y = -0,278 x^2 + 70,826 x - 1182,5$	$R^2 = 0,92$	$y = -0,2833 x^2 + 72,07 x - 1203,2$	$R^2 = 0,92$
250-16-64	$y = -0,447 x^2 + 91,27 x - 1574$	$R^2 = 0,82$	$y = -0,2452 x^2 + 69,56 x - 1100,9$	$R^2 = 0,93$
150-32-32	$y = -0,533 x^2 + 103,67 x - 1795,6$	$R^2 = 0,85$	$y = -0,5424 x^2 + 105,49 x - 1827,1$	$R^2 = 0,85$
250-32-32	$y = -0,490 x^2 + 97,32 x - 1753,6$	$R^2 = 0,79$	$y = -0,3261 x^2 + 79,83 x - 1371,9$	$R^2 = 0,88$
150-32-64	$y = -0,542 x^2 + 103,79 x - 1831,1$	$R^2 = 0,78$	$y = -0,5516 x^2 + 105,61 x - 1863,2$	$R^2 = 0,77$
250-32-64	$y = -0,482 x^2 + 89,22 x - 1496$	$R^2 = 0,76$	$y = -0,3595 x^2 + 76,25 x - 1210$	$R^2 = 0,85$

Na cultivar BRS Nordestina os tratamentos com adubação de K, Cu e Zn não refletiram em diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros de número e peso das sementes. A variação dos nutrientes nas condições do experimento não proporcionou diferenças nas médias de produções (Tabela 7). Observou-se que o número (variando de 34 a 63) e o peso (variando de 10,53 a 20,42 g) de sementes neste experimento com 150 e 250 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (Tabela 8) foram menores que 69 e 32,42g de sementes, respectivamente, obtidas com o experimento da mesma cultivar adubada com apenas 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Araujo, 2010).

O número de sementes da cultivar BRS Paraguaçu apresentou diferença significativa a nível de 5% de probabilidade, para adubação com potássio. Os tratamentos adubados com 250 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O apresentaram, em média, 87,71 sementes, enquanto nos tratamentos adubados com 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a média do número de sementes foi de 76,38 unidades. Outro fator que causou diferença significativa o nível de 1% de probabilidade, foi a adubação com cobre, obtendo-se médias de 90,79 e 73,30 sementes para os tratamentos adubados com 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. A interação do potássio com o zinco refletiu significância em nível de 5% de probabilidade e a

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância da área foliar aos 21, 42, 62, 82, 102 e 123 dias após a semeadura (DAS) das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, submetidas aos tratamentos com potássio, cobre e zinco.

Tratamentos	Dias após a semeadura					
	21	42	62	82	102	123
Área foliar de BRS Nordestina (cm <sup>2</sup> )						
K	ns	ns	**	ns	ns	ns
Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	*	ns	ns	ns
K x Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Zn	ns	ns	**	ns	ns	ns
Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
M.G.	288,80	1492,62	1853,31	2835,92	3921,22	2243,74
CV(%)	20,63	8,69	8,75	20,94	19,25	42,90
Área foliar de BRS Paraguaçu (cm <sup>2</sup> )						
K	ns	ns	**	ns	ns	*
Cu	ns	ns	ns	ns	ns	**
Zn	ns	ns	*	ns	ns	ns
K x Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K x Zn	ns	ns	**	ns	ns	ns
Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	**
K x Cu x Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
M.G.	293,85	1518,72	1885,73	2885,57	3989,84	2816,29
CV (%)	20,63	8,69	8,75	20,94	19,25	12,71

M.G = média geral; CV = Coeficiente de variação, ns = não significativo;

\* e \*\* = respectivamente significativos para 5 e 1%.

**Tabela 7.** Quadrados médios da análise de variância do número e peso das sementes das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, submetidas aos tratamentos com K, Cu e Zn.

Fator de variação	Quadrados médios		
	GL	Nº de sementes	Peso das sementes, g
<i>BRS Nordestina</i>			
R	2	635,79 ns	180,87 ns
K	1	28,17 ns	32,67 ns
Cu	1	140,17 ns	28,17 ns
Zn	1	80,67 ns	2,67 ns
K x Cu	1	560,67 ns	60,17 ns
K x Zn	1	748,17 ns	42,67 ns
Cu x Zn	1	4,17 ns	88,17 ns
K x Cu x Zn	1	112,67 ns	20,17 ns
Erro	14	195,93	65,83
CV(%)		30,84	49,17
<i>BRS Paraguaçu</i>			
R	2	422,10 ns	22,18 ns
K	1	769,53 *	133,95 ns
Cu	1	1835,75 **	140,65 ns
Zn	1	474,37 ns	53,10 ns
K x Cu	1	32,90 ns	31,05 ns
K x Zn	1	785,47 *	46,76 ns
Cu x Zn	1	0,004 ns	6,30 ns
K x Cu x Zn	1	469,05 ns	609,03 **
Erro	14	152,76	52,58
CV (%)		15,06	17,55

CV = Coeficiente de variação, ns = não significativo; \* e \*\* = respectivamente significativos para 5 e 1 %

interação entre os demais nutrientes em estudo (K, Zn e Cu) não afetou significativamente o número de sementes da cultivar BRS Paraguaçu (Tabela 7).

O peso das sementes da cultivar BRS Paraguaçu apresentou diferença significativa a nível de 1% de probabilidade, apenas para a interação entre os nutrientes em estudo (K, Zn e Cu), não existindo diferenças estatísticas na produção de sementes de mamona, quando os nutrientes foram avaliados separadamente (Tabela 7), corroborando com Ribeiro et al. (2009). A combinação de 250 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O com 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup> de Cu e Zn, respectivamente, foi a que refletiu o melhor resultado, propiciando pesos

médios de 51,67 g; as demais combinações apresentaram menores pesos médios das sementes (Tabela 8); no entanto, esses valores foram superiores a 34,21 g, encontrados por Ribeiro et al. (2009), utilizando 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com exceção de 31,81 g encontrados para o tratamento 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O com 16 e 32, mg dm<sup>-3</sup> Cu e Zn, respectivamente. Silva et al. (2008), avaliando a cultivar BRS Paraguaçu irrigada com água de 0,7 CEa (dS m<sup>-1</sup>), mostraram que o peso das sementes correspondeu em torno de 70 g, ou seja, valor maior que todos os observados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Médias do número e peso de sementes das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, fertilizadas com diferentes doses de K, Cu e Zn.

Tratamentos	BRS Nordestina		BRS Paraguaçu		
	K Cu Zn	Nº Sementes	Peso de Sementes, g	Nº Sementes	Peso de Sementes, g
150-16-32		45	16,83	72	31,81
250-16-32		49	17,19	101	51,67
150-16-64		63	14,59	101	48,67
250-16-64		36	12,98	90	42,80
150-32-32		34	10,53	61	40,34
250-32-32		48	20,42	77	35,50
150-32-64		45	19,46	72	35,00
250-32-64		46	20,17	83	44,75

Quando se trabalha com adubação em diferentes doses, uma série de hipóteses, ou mesmo a combinação de diversos fatores, pode explicar a não significância dos tratamentos sobre os parâmetros de crescimento das plantas. De acordo com a lei dos mínimos (RAIJ, 1991), o crescimento vegetativo é limitado pelo nutriente menos disponível no solo ou mesmo pelas quantidades crescentes de fertilizantes, a ponto de atingir níveis prejudiciais ao crescimento vegetal. De acordo com Pacheco et al. (2008b), as doses mais adequadas de Cu e Zn para a mamoneira, correspondem a 8 e 20 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

## CONCLUSÕES

As doses de potássio, cobre e zinco, influenciaram o crescimento das cultivares BRS Paraguaçu e BRS Nordestina e a produção da BRS Paraguaçu;

A maior produção de peso de sementes da BRS Paraguaçu, correspondeu a 250 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 16 e 32 mg dm<sup>-3</sup> de Cu e Zn, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, D. L. **Adubação N P K no comportamento agrônômico da mamona cultivar BRS 149 Nordestina em ambiente protegido.** 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

ARAUJO, D. L. et al. Crescimento da mamoneira cultivar BRS-149 Nordestina adubada com nitrogênio, fósforo e potássio. **Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 685-702, 2009.

CHAVES, L. H. G. et al. Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-manso. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2; p. 167-176, 2010.

- CHAVES, L. H. G. et al. Resposta da mamoneira adubada com zinco e cobre. **Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3; p. 306-319, 2009a.
- CHAVES, L. H. G. et al. Efeito de zinco e cobre no estado nutricional da mamoneira, BRS 188 Paraguaçu. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 129-135, 2009b.
- FERREIRA, G. B. et al. Deficiência de fósforo e potássio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a. CD-ROM.
- FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada a agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.
- FERREIRA, M. M. M. et al. Deficiência de enxofre e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. CD-ROM.
- LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 61-67, 2005.
- LIMA, D. V. et al. Macro e micronutrientes do branqueamento e da soja em latossolos sob cerrado da região de Cuiabá-MT. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 96-104, 2000.
- MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; KLIE-MANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Bracharia brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, p. 13-20, 2002.
- MESQUITA, E. F. **Comportamento agrônomo de duas cultivares de mamona sob fertilização mineral**. 2010. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- PACHECO, D. D. et al. Produção e disponibilidade de nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 153-160, 2008a.
- PACHECO, D. D. et al. Teores foliares de nutrientes em mamoneiras (*Ricinus communis*) adubadas com doses variadas de NPK em solo de chapada da bacia do Rio Jequitinhonha. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 224-231, 2008b.
- PEUKE, A.D.; JESCHKE, W.D.; HARTUNG, W. Flows of elements, ions and abscisic acid in *Ricinus communis* and site of nitrate reduction under potassium limitation. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 367, p.241-250, 2002.
- RAIJ, B.Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- RIBEIRO, S. et al. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 465-473, 2009.
- RODRIGUES, L. N. et al. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residual doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, (Suplemento), p. 825-835, 2009.
- SANTOS, A. C. M. et al. Deficiência de cálcio e magnésio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.
- SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006.
- SEVERINO, L. S. et al. Adubação química da mamoneira com NPK e micronutrientes em Assu, RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.
- SILVA, S. M. S. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 335-342, 2008.
- SOUZA, A. S. et al. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II – crescimento e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 422-429, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castor (*Ricinus communis* L.), and Sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p. 484-486, 1967.