

Interação de doses de calcário e zinco nas características morfológicas e nos componentes de produção da mamoneira

Érica Pontes Léles^{1*}, Dirceu Maximino Fernandes², José Iran Cardoso da Silva² e Leandro Augusto Andrade Fumes²

¹Programa de Pós-graduação em Agricultura, Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 18603-970, Botucatu, São Paulo, Brasil.

²Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: ericaples@yahoo.com.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de doses de calcário e zinco e, a interação destes sobre o desenvolvimento da cultura da mamona. A hipótese deste trabalho é que o aumento de doses de calcário diminui a disponibilidade de zinco no solo para a planta. O experimento foi desenvolvido em estufa para cultivo protegido, sem controle de temperatura, em vasos com 17 dm³ de Latossolo Vermelho distrófico, textura média. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos num esquema fatorial 3 x 5, sendo os fatores: três saturações por bases (40, 60 e 80%) e cinco doses adicionadas de Zn (0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 mg dm⁻³ de solo). Apenas uma planta por vaso foi conduzida até 174 dias após emergência (maturidade fisiológica do racemo primário), quando foi avaliada a produção. Maiores doses de calcário resultaram em maior número de grãos por planta e MS dos grãos por planta. Houve interação V% e Zn na altura da planta, massa seca da raiz, comprimento da parte masculina e total do racemo. No entanto, nenhum destes incrementos refletiu em diferença significativa na massa de 100 grãos da mamoneira.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., mamona, corretivo de acidez, micronutriente.

ABSTRACT. **Interaction of lime and zinc levels in the morphologic characteristics and production components of castor bean plants.** The objective in this work was to evaluate the effects of lime and zinc levels, as well as their interaction on development in castor bean plants. The hypothesis of this work is that the lime levels reduce the zinc availability in soil for the plant. The experiment was carried out under greenhouse conditions without temperature control, in pots with 17 dm³ of 'dystrophic Red Latosol', medium texture. The statistical design was of randomized blocks, in a 3 x 5 factorial scheme, with four replicates. The treatments consisted of liming to reach three basis saturations: 40, 60 and 80%, combined with five zinc levels: 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 and 8.0 mg dm⁻³. Only one plant per pot was grown up to 174 days after emergence (first mature raceme), at which point the morphologic and production components of plants were evaluated. Higher lime levels resulted in greater number of seeds per plant and dry matter of seeds per plant. There was interaction of basis saturation and zinc in plant height, in dry matter of root and in length of raceme (masculine part and total). However, none of these increases reflected a significant difference in weight of 100 castor bean seeds.

Key words: *Ricinus communis* L., castor bean, acidity corrective, micronutrient.

Introdução

O aumento de produtividade é fator fundamental na economicidade da cultura da mamoneira à medida que reduz custos por unidade do produto, assegurando margens de rentabilidade para o produtor. A maioria dos solos brasileiros apresenta problemas relativos à fertilidade (FAGERIA et al., 1996), tornando-se imprescindível conhecer a capacidade deles em suprir nutrientes às plantas, bem como aprimorar as recomendações de

adubação, visando à produção eficiente e sustentável ao longo dos anos.

Vale ressaltar que mais de 70% dos solos brasileiros são ácidos, o que confere características limitantes ao desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas (QUAGGIO, 2000). Assim, a correção da acidez do solo torna-se imprescindível, uma vez que eleva os teores de Ca e Mg, além de aumentar a disponibilidade de P e reduzir a de Al e Mn tóxicos no solo, fatores que proporcionam condições favoráveis ao

crescimento radicular (CARVALHO-PUPATTO et al., 2004; CAIRES et al., 2004, 2006).

A cultura da mamona é carente de informações sobre tecnologia para fertilização do solo, pois há poucos relatos na literatura sobre seu comportamento em diferentes condições de cultivares, níveis de fertilidade do solo, clima, fitossanidade etc. Sabe-se, porém, que é uma planta exigente em nutrientes, com elevada concentração de óleo e proteínas nas sementes, o que conduz a uma alta demanda por elementos essenciais.

A expansão das áreas agrícolas resultante do desenvolvimento do país, o aumento da produtividade decorrente do uso de técnicas mais avançadas, a maior utilização do calcário, sua aplicação na camada de 0-10 cm de profundidade em quantidades recomendadas para a camada de 0-20 cm e a maior pureza dos fertilizantes NPK – os quais deixam de fornecer os micronutrientes como impurezas –, têm contribuído para a ocorrência mais frequente das deficiências de micronutrientes no solo, o que acarreta queda no rendimento das colheitas (ABREU et al., 2001). Na cultura da mamona, Souza e Natale (1997) concluíram que o zinco afetou positivamente a produção de bagas. Souza e Neptune (1976) indicaram que solos ácidos e com poucas bases trocáveis são improdutivos para a cultura e devem ser evitados ou corrigidos com calagem. O pH do solo é o fator mais importante no controle de disponibilidade do zinco, pois há decréscimo deste micronutriente quando o pH aumenta.

A partir dessas constatações, a hipótese deste trabalho é que o aumento de doses do calcário reduz a disponibilidade de zinco no solo. Desta forma, o objetivo foi avaliar a interação de doses de calcário e zinco sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento da cultura da mamona e acúmulo nutricional nos grãos produzidos.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em ambiente de cultivo protegido, sem controle de temperatura, localizado junto ao prédio do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Unesp, em Botucatu, Estado de São Paulo, durante os meses de novembro de 2006 a agosto de 2007.

Utilizou-se uma porção de solo agrícola coletada de 0 a 20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999), de textura média, coletado na unidade Patrulha, Fazenda Experimental Lageado, em Botucatu, Estado de São Paulo. A porção de solo coletada para montagem do experimento foi seca ao ar e passada em peneira de 4 mm. Em seguida, amostrada aleatoriamente e encaminhada para caracterização de atributos químicos do solo, de acordo com a metodologia de análises descrita por Rajj et al. (2001). Os resultados da análise química do solo estão apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos do experimento foram arranjados num esquema fatorial 3 x 5, sendo os fatores: três saturações por bases (40, 60 e 80%) e cinco doses adicionadas de Zn (0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 mg dm⁻³ de solo).

Com base na Tabela 1, foi realizado o cálculo de calagem pelo método de saturação por bases, elevando-a no solo utilizado a 40, 60 e 80%. A correção da acidez dos solos e o fornecimento de Ca e Mg foram realizados com o uso de calcário dolomítico (CaO: 28%, MgO: 20%, PN: 99% e PRNT: 91%). A mistura do calcário com o solo foi feita com auxílio de betoneira.

Em seguida, o solo foi mantido por 60 dias em sacos de plástico com teor de água próximo à capacidade de campo. Após a incubação e antes da adubação de semeadura, os solos das diferentes saturações foram amostrados e analisados para Zn (DTPA) e demais micronutrientes, seguindo metodologia citada em Rajj et al. (2001). Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 2.

Com auxílio de betoneira, os solos receberam como adubação básica de semeadura: 70 mg de N; 300 mg de P; 100 mg de K DM⁻³ de solo, utilizando como fontes sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Em seguida, o solo foi colocado em vasos plásticos com capacidade para 20 dm³, utilizando-se 17 dm³ de solo em cada vaso.

No dia 5 de março de 2007 (25 dias após a adubação), foram semeadas oito sementes por vaso da mamona Al Guarani 2002, desbastando-se para duas plântulas dez dias após a emergência. No mesmo dia da semeadura, aplicou-se uma solução contendo 1,5 mg de Cu e 0,5 mg de B DM⁻³ de solo, tendo como fontes sulfato de cobre e ácido bórico, respectivamente.

Tabela 1. Análise química da porção de solo coletada para realização do experimento antes da calagem.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmol	dm ⁻³			(%)		mg dm ⁻³			
4,2	26	2	72	0,5	3	1	5	77	6	0,35	0,6	62	0,5	0,2

Tabela 2. Análise de micronutrientes no solo após a calagem.

V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		----- mg dm ⁻³ -----			
40	0,24	0,7	47	0,6	0,2
60	0,19	0,5	32	0,5	0,1
80	0,22	0,5	32	0,5	0,1

Segundo Souza e Natale (1997), em experimento realizado num mesmo tipo de solo do presente experimento, Latossolo Vermelho distrófico, 90% da produção máxima de bagas da mamoneira esteve associada a um teor de zinco no solo próximo de 2,00 mg dm⁻³. Desta forma, optou-se por utilizar duas doses abaixo (0,5 e 1,0 mg dm⁻³) e duas doses acima (4,0 e 8,0 mg dm⁻³) da dose de zinco citada pelos autores, além da dose de 2,0 mg dm⁻³, aplicada no dia seguinte à semeadura, tendo como fonte o sulfato de zinco (21% Zn). As plantas receberam como adubação de cobertura 120 mg de N e 90 mg de K dm⁻³ de solo, parcelada em três aplicações (40 mg de N e 30 mg de K dm⁻³ de solo aos 38, 103 e 124 dias após a emergência). Os adubos foram aplicados em solução tendo como fontes sulfato de amônio e cloreto de potássio.

Em cada vaso, uma planta foi cortada no início do florescimento e descartada. A outra planta do vaso foi conduzida até a maturidade fisiológica do racemo primário (174 dias após a emergência).

Características morfológicas e componentes de produção

Quando as plantas estavam com o racemo primário em maturidade fisiológica (167 dias após a emergência), a rega diária dos vasos foi cessada para promover a seca do racemo na planta. No dia 31 de agosto (174 dias após a emergência), os racemos foram colhidos e as plantas cortadas. Antes de serem cortadas, foram feitas as medições conforme segue abaixo.

Altura das plantas: distância compreendida entre o nível do solo e a extremidade mais alta da planta, sem ser esticada, utilizando-se fita métrica graduada em milímetros. Altura de inserção da inflorescência: distância compreendida entre o nível do solo e o início da inflorescência, utilizando-se fita métrica graduada em milímetros. Número de nós: número de nós da planta contados do nível do solo até a inflorescência. Massa seca da parte aérea: a planta cortada foi dividida em colmos (a inflorescência sem os frutos e hastes das folhas foram consideradas parte do colmo) e folhas. Os colmos foram seccionados, colocados em sacos de papel, secos em estufa a 65°C até atingirem massa em equilíbrio, obtendo-se a massa seca do colmo de cada planta. As folhas foram separadas do colmo, colocadas em sacos de papel, secas em estufa a 65°C até atingirem massa em equilíbrio e pesadas, obtendo-se a massa seca

das folhas na hora da colheita de cada planta. As folhas caídas a partir de 79 dias após a emergência (após o corte da primeira planta em início de florescimento) foram guardadas e identificadas, estas também foram secas em estufa a 65°C até atingirem massa em equilíbrio e pesadas; obteve-se a massa seca das folhas que caíram a partir de 79 dias após a emergência até a colheita dos grãos de cada planta. Somando essas três massas secas (colmo + folhas na planta + folhas caídas), foi obtido o valor da massa seca da parte aérea. Massa seca de raízes (duas plantas por vaso): após a colheita, os vasos foram deixados no túnel plástico para a secagem do solo. Posteriormente, o solo foi retirado do vaso, destorroado para retirada das raízes maiores e peneirado para retirada das raízes restantes. Ressalta-se que as raízes da planta cortada no início do florescimento ainda estavam no vaso pela impossibilidade de retirá-las sem prejudicar a outra planta. As raízes das duas plantas foram secas em estufa a 65°C até atingirem massa em equilíbrio, e obteve-se a massa seca das raízes por vaso. Comprimento da parte masculina e feminina dos racemos (cm): medido do ponto de inserção da primeira inflorescência masculina até a inserção da última masculina, utilizando-se uma régua.

O mesmo procedimento foi utilizado para a parte feminina, mesmo que ocorresse sobreposição entre as inflorescências (masculina e feminina). Comprimento total dos racemos: medido do ponto de inserção da primeira inflorescência masculina até a última inserção da parte feminina, utilizando-se uma régua. Razão da parte feminina/masculina: divisão do comprimento da parte feminina pelo comprimento da parte masculina. Número de frutos por racemo: os frutos (grãos com casca) por racemo foram devidamente contados e separados na colheita. Massa seca (MS) dos frutos: os frutos foram pesados após secos em estufa a 65°C até atingirem massa em equilíbrio. Número de grãos por planta e massa seca dos grãos: os frutos foram descascados manualmente e os grãos por racemo foram contados. Como a planta foi conduzida somente até o racemo primário, o número de grãos por racemo corresponde ao número de grãos por planta. Os grãos foram novamente para a estufa e pesados após 72h, obtendo-se a MS dos grãos por planta (g). Massa seca de 100 grãos: foi obtida utilizando os dados de número de grãos por planta e massa seca destes grãos em cada tratamento.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para as doses de zinco, os dados foram submetidos aos desdobramentos em análise de regressão; para saturação, realizou-se análise de variância a 5% de probabilidade do teste t (LSD), com auxílio do programa Sisvar.

Resultados e discussão

Características morfológicas

Na Tabela 3, observa-se que as doses de calcário aplicadas para alcançar as V% = 60 e 80 promoveram maiores alturas das plantas (1,13 e 1,04 m) em comparação à dose para V% = 40 (0,95 m); com V% = 60 houve aumento de 19% e com V% = 80, acréscimo de 9% na altura da planta. Aumento semelhante ocorreu na altura de inserção da inflorescência, em que as doses de calcário aplicadas para alcançar as V% = 60 e 80 promoveram maior altura de inserção (0,94 e 0,84 m) em comparação à dose para V% = 40 (0,76 m), resultando num aumento de 24% com V% = 60 e num acréscimo de 11% com V% = 80 na altura de inserção da inflorescência. O aumento da altura das plantas por maiores doses de calcário vem sendo constantemente relatado em outras culturas. Andreotti et al. (2001) observaram que a calagem incrementou a altura das plantas no milho cultivado em Latossolo Vermelho distrófico. Em plantas de soja, Albuquerque et al. (2005) relataram que o calcário aumentou a altura de plantas tanto no preparo convencional do solo quanto no sistema plantio direto.

Na altura de plantas, houve interação V% e doses de zinco (Tabela 3), por isso esta variável foi desdobrada na Tabela 4 e Figura 1.

Analisando as saturações por bases em cada dose de zinco (Tabela 4), verificou-se maior altura da planta na dose de 0,5 mg dm⁻³ de zinco na saturação por base de 60%, que diferiu significativamente das medidas nas saturações de 40 e 80%. Na dose de 2,0 mg dm⁻³ de zinco, as maiores alturas da planta ocorreram nas saturações de 60 a 80%. Nas demais doses de Zn, não houve diferença significativa entre as saturações.

Nas variáveis altura de inserção do primeiro racemo, n° de nós por planta e massa seca da parte aérea, não houve diferença significativa das médias

para doses de zinco. Leal et al. (2007) também verificaram que não houve diferença significativa das doses de Zn sobre a massa seca da parte aérea das plântulas de milho. Contrastando as observações destes autores, Coutinho et al. (2007) relataram aumento da massa seca da parte aérea do milho com adição de Zn ao solo, corroborando resultados de Galvão e Mesquita Filho (1981) e Consolini e Coutinho (2004). Essas observações sugerem que a eficiência de uso em Zn e o potencial de resposta à adubação com tal micronutriente são características genéticas independentes no milho, pois nos trabalhos citados foram utilizados milhos com diferentes classes tecnológicas e ciclos da planta.

Na Figura 2, tem-se a regressão para as doses de zinco em cada saturação destas variáveis.

Na introdução de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em renovação de pastagem degradada, a adição de micronutrientes não resultou em diferença significativa ($p > 0,05$) na produção de massa seca da parte aérea (VOLPE et al., 2008).

Em experimento realizado em mamoneira cv. BRS 149, no tratamento com mistura de micronutrientes, Severino et al. (2006) não observaram efeito estatisticamente significativo nas características ligadas ao crescimento da planta. A não-significância das diferenças deve-se, provavelmente, ao elevado coeficiente de variação (CV), pelo crescimento indeterminado da espécie e pela grande variação fenotípica do material. Os autores sugeriram que o tratamento com micronutrientes seja mais bem avaliado em outros experimentos para confirmar seu efeito benéfico. No presente trabalho, verificou-se ajuste linear positivo da altura de plantas (Figura 1) e da massa seca da parte aérea (Figura 2C) em função das doses de zinco na saturação por base desejada de 40%, o que confirma incrementos dessas variáveis pela adição de zinco nesta situação. Nas demais saturações, não houve diferença significativa entre as doses de zinco.

Tabela 3. Análise de variância, médias e teste t (LSD) para altura, altura de inserção, número de nós, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz.

Saturação por bases desejada (%)	Altura (m)	Altura de Inserção (m)	N° de nós por planta	MS parte aérea (g)	MS Raiz (g)
40	0,95	0,76 b ¹	17,35	49,93 b	64,69
60	1,13	0,94 a	17,05	65,46 a	59,36
80	1,04	0,84 ab	16,55	62,32 a	59,89
Doses de zinco (mg dm ⁻³)					
0,5	1,02	0,83	16,92	57,89	66,89
1,0	0,99	0,81	17,25	54,10	63,26
2,0	1,12	0,91	17,25	59,52	55,27
4,0	0,94	0,76	16,25	57,98	58,42
8,0	1,12	0,91	17,25	66,68	62,72
Causas da Variação					
V%	*	*	ns	*	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns
V% X Zn	*	ns	ns	ns	*
CV (%)	16,8	20,3	8,82	18,64	17,7
DMS da interação	0,11	0,11	0,96	7,05	6,93

¹Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *ns: Significativo a 5% de probabilidade e não-significativo pela análise de variância, respectivamente.

Tabela 4. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco na variável altura da planta com 1º racemo maduro.

Doses de zinco (mg dm ⁻³)	Saturação por base (%)		
	40	60	80
0,5	0,82 B ²	1,27 A	0,96 B
1,0	0,92	1,06	1,02
2,0	0,88 B	1,19 A	1,29 A
4,0	0,89	1,02	0,91
8,0	1,22	1,10	1,03

²Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade.

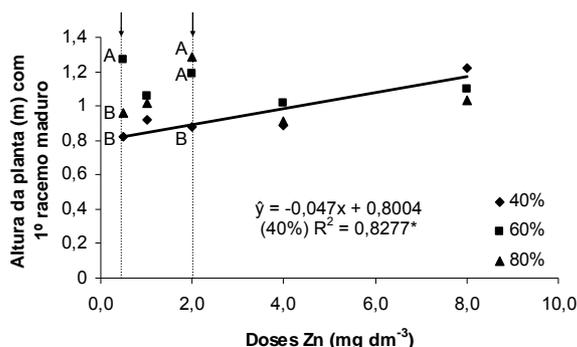


Figura 1. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para a variável altura da planta (m).

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma dose diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Houve significância na MS da parte aérea (sem os frutos) em função das doses de calcário (Tabela 3). As doses de calcário aplicadas para as saturações de 60 e 80% resultaram em valores de 65,6 e 62,32 g, respectivamente, maiores em 31 e 25% que o valor obtido na menor dose de calcário. O Ca e o Mg têm papel importante no crescimento de tecidos da planta (MENGEL; KIRKBY, 1987; TAIZ; ZEIGER, 2004). Freiria et al. (2008), avaliando alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário no mesmo tipo de solo utilizado neste trabalho (Latossolo Vermelho distrófico), relataram que o aumento nos teores de Ca+Mg, em relação à testemunha, variou de 1,7 a 96,6 mmolc dm⁻³, em função das doses de calcário utilizadas e da aplicação ou incorporação do corretivo. Andreotti et al. (2001) observaram que o aumento da dose de calcário resultou em maior produção de matéria seca da parte aérea no milho. Segundo Correa et al. (2008), o crescimento da parte aérea da aveia preta foram incrementados com a aplicação superficial dos corretivos de acidez. Na massa seca da raiz (Tabela 3), verificou-se interação entre V% e doses de zinco. O desdobramento desta variável está na Tabela 5 e Figura 3. Na dose 0,5 mg dm⁻³ de zinco, o maior valor da MS das raízes foi obtido na V% = 40, que diferiu estatisticamente

do valor obtido na V% = 80. Já na dose 2,0 mg dm⁻³, ocorreu o inverso: maior valor de MS das raízes na maior dose de calcário.

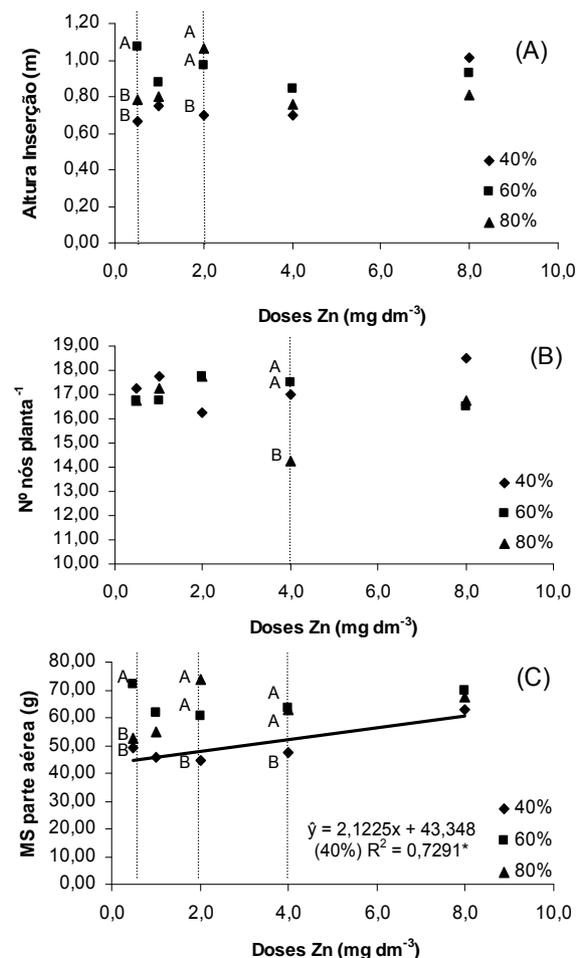


Figura 2. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para altura de inserção do primeiro racemo (A), nº de nós por planta (B) e massa seca da parte aérea (C).

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma dose diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Desdobrando as doses de Zn em cada saturação (Tabela 5 e Figura 3), têm-se valores da MS das raízes diferindo estatisticamente na saturação por base a 60%.

Tabela 5. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco para a variável massa seca de raízes das plantas (g).

Doses de zinco (mg dm ⁻³)	Saturação por base (%)		
	40	60	80
	Massa Seca (MS) de raízes das duas plantas (g)		
0,5	79,26 A ²	66,21 AB	55,20 B
1,0	62,48	61,86	65,45
2,0	48,76 B	49,73 B	67,33 A
4,0	66,69	53,43	55,14
8,0	66,28	65,57	56,32

²Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade.

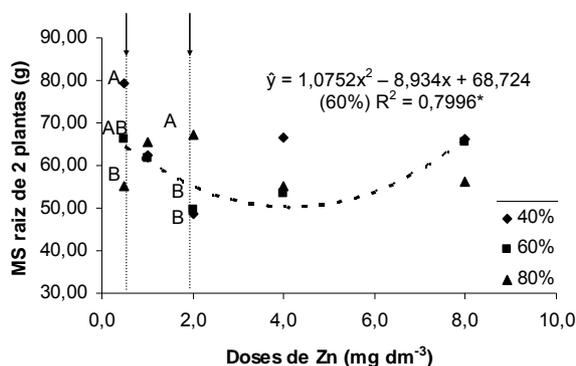


Figura 3. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para a massa seca (MS) planta (g).

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma dose diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Como inexistem resultados na literatura referentes à resposta do crescimento da raiz da mamoneira em função da calagem, a confrontação dos resultados fica limitada. Entretanto, observando respostas positivas ao calcário em outras culturas – a exemplo do milho (VALE et al., 1994) e do algodoeiro (ROSOLEM; FRANCO, 2000) –, talvez a não-resposta às doses de calcário na mamoneira, observada para MS em algumas doses de zinco, deva-se ao fato de que a menor dose de calcário já promove o crescimento radicular suficiente. Isto não significa, porém, que a mamona não seja responsiva à calagem, pois no presente experimento outras variáveis avaliadas na planta apresentaram respostas positivas às doses de calcário.

Componentes de produção

Na Tabela 6, os componentes de produção: comprimento da parte masculina (♂) do racemo primário, nº de frutos por racemo, massa seca dos

frutos, nº de grãos por planta e massa seca dos grãos por planta foram influenciados somente pelas doses de calcário, apresentando valores significativamente superiores na V% = 60 e 80.

No comprimento da parte feminina (♀) do racemo primário, foi observado maior valor na V% = 60, diferindo estatisticamente apenas do valor na V% = 40. Essas diferenças, no entanto, não foram refletidas na massa seca de 100 grãos, componente em que também não houve significância quanto às doses de zinco ou à interação entre as saturações por base e doses de zinco.

Nas variáveis comprimento da parte feminina (♀) do racemo, razão da parte feminina/parte masculina, número de frutos por racemo, massa fresca e massa seca dos frutos por planta, número de grãos e massa seca dos grãos por planta e massa seca de 100 grãos, não houve diferença significativa das médias para doses de zinco e para a interação V% e doses de zinco (Tabela 3). Na Figura 4, tem-se a regressão para as doses de zinco em cada saturação dessas variáveis.

Dentre as regressões das variáveis avaliadas na Figura 4, verificou-se um ajuste linear positivo apenas no número de frutos por racemo (Figura 4C), em função das doses de zinco na saturação por bases desejada de 80%. Nas demais saturações dessa variável, não houve diferença significativa entre as doses de zinco.

Teixeira et al. (2008) também não obtiveram resposta em feijoeiro à aplicação foliar de doses de zinco no rendimento e em seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos) com V% = 65.

Observou-se interação de V% e doses de zinco apenas no comprimento da parte masculina (♂) e no comprimento total do racemo primário (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância, médias e teste t (LSD) para comprimento da parte masculina, feminina e total do primeiro racemo, razão parte feminina/masculina e número de frutos por cacho nas plantas colhidas com racemo primário maduro.

Saturação desejada (V%)	Comprimento racemo primário (cm)			Razão ♀/♂	Nº frutos/racemo	Frutos/planta		Grãos/planta		MS (g) 100 grãos
	Parte ♂	Parte ♀	Total			MF (g)	MS (g)	Número	MS (g)	
40	16,45	18,25 b	31,65	1,14	38,35 b ¹	63,25	45,74 b	105,80 b	33,56 b	32,14
60	20,40	20,80 a	35,20	1,05	43,25 a	61,03	51,89 a	120,65 a	37,75 a	31,68
80	19,00	20,05 ab	34,55	1,08	44,80 a	66,14	55,35 a	124,75 a	40,79 a	33,09
Doses de zinco (mg dm ⁻³)										
0,5	17,83	19,42	31,58	1,11	39,75	64,88	49,61	110,58	36,83	34,02
1,0	18,00	19,00	32,58	1,08	39,75	64,90	50,70	112,08	37,44	33,16
2,0	19,00	21,00	36,42	1,17	42,58	62,00	50,16	119,33	37,17	32,30
4,0	19,25	18,58	33,42	0,97	43,58	61,68	51,70	117,42	37,51	31,44
8,0	19,00	20,50	35,00	1,12	45,00	63,90	52,80	125,92	37,88	30,58
Causas da Variação										
V%	*	*	ns	ns	*	ns	*	*	*	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V% X Zn	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18,58	18,37	14,46	23,25	16,03	22,81	13,62	16,61	13,97	14,98
DMS	2,21	2,3	3,12	0,16	4,31	9,24	4,43	12,41	3,33	3,09

¹Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *ns: Significativo a 5% de probabilidade e não-significativo pela análise de variância, respectivamente.

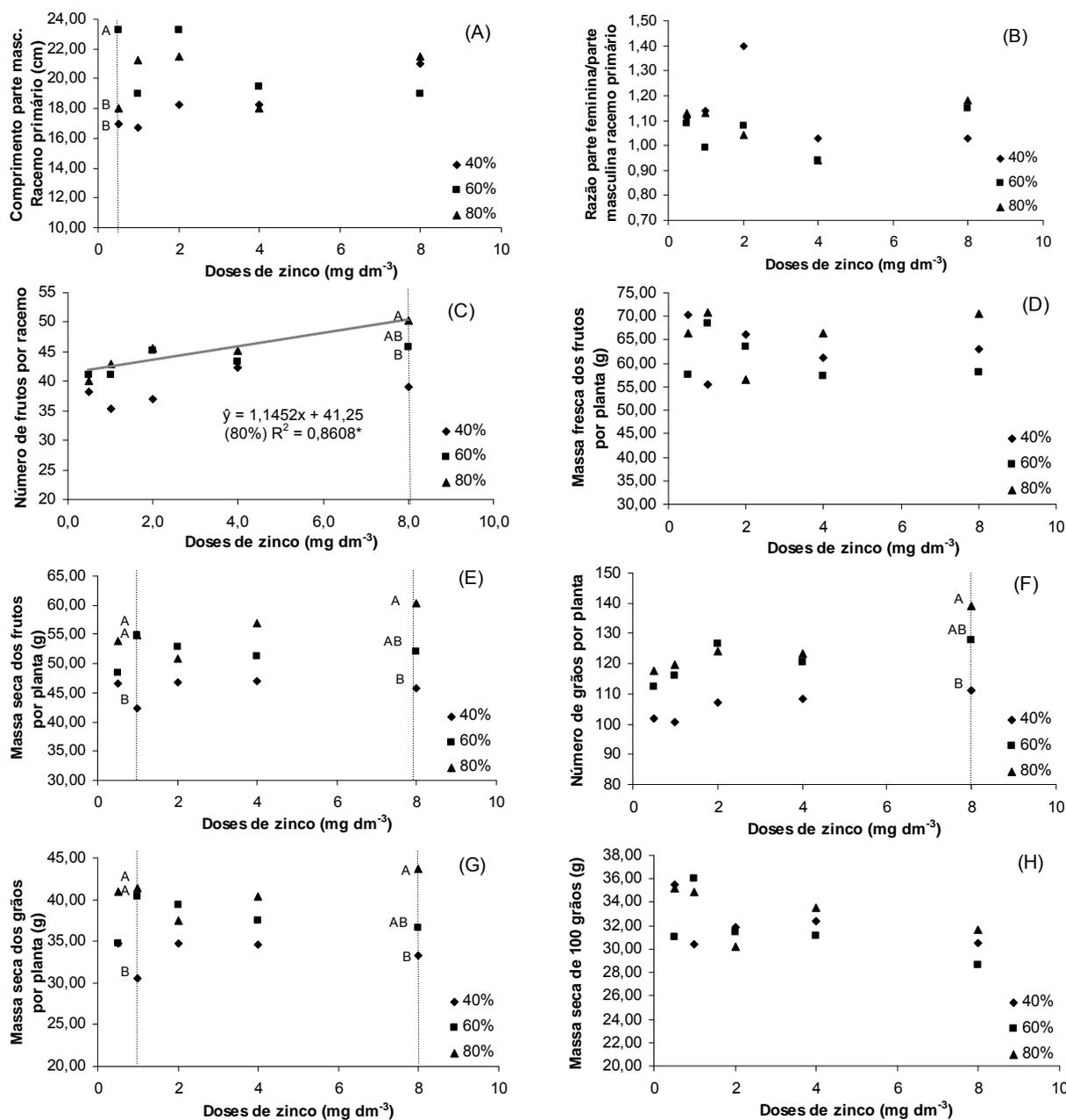


Figura 4. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para comprimento da parte feminina (♀) do racemo (A), razão da parte feminina/ parte masculina (B), número de frutos por racemo (C), massa fresca dos frutos por planta (D), massa seca dos frutos por planta (E), número de grãos por planta (F), massa seca dos grãos por planta (G) e massa seca de 100 grãos (H).

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma dose diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

A interação doses de calcário e de zinco no comprimento da parte masculina do racemo primário foi desdobrada na Tabela 7 e Figura 5. Nelas observou-se que o comprimento da parte ♂ na dose de 0,5 mg dm⁻³ de zinco diferiu estatisticamente na V% = 60, com maior valor que nas demais (V% = 40 e 80%). Na dose de 1,0 e de 2,0 mg dm⁻³ de Zn, o maior comprimento da parte ♂ também foi alcançado na V% = 60, recomendada para a cultura, mas nessas doses houve diferença significativa apenas no valor alcançado na V% = 40.

Tabela 7. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco para o comprimento da parte masculina do racemo primário (cm).

Doses de zinco (mg dm ⁻³)	Saturação por base (%)		
	40	60	80
	Comprimento da parte masculina do racemo primário (cm)		
0,5	16,00 B ²	21,25 A	16,25 B
1,0	14,75 B	20,00 A	19,25 AB
2,0	13,25 B	21,75 A	22,00 A
4,0	17,75	21,00	19,00
8,0	20,50	18,00	18,50

²Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade.

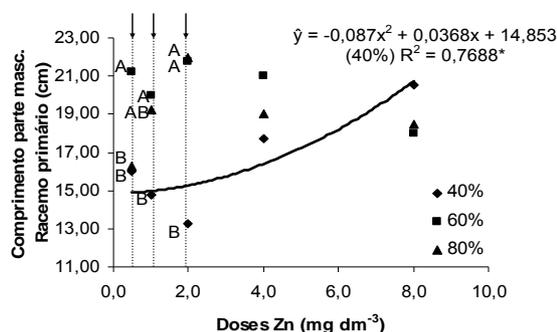


Figura 5. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para o comprimento da parte masculina do racemo primário (cm).

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma dose diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Analisando as diferentes saturações por bases em cada dose de zinco (Figura 5), observou-se que apenas na menor dose de calcário os valores do comprimento da parte ♂ se ajustaram a uma linha de tendência quadrática significativa, em função das doses de zinco. Promoveu-se, desta forma, maior crescimento da parte ♂ na maior dose de zinco (8 mg dm⁻³). Como o solo utilizado apresentava baixo teor de zinco (0,2 mg dm⁻³), a resposta positiva desta variável provavelmente se deve ao fato de o zinco ser necessário para a síntese do triptofano, aminoácido precursor do AIA (ácido indolacético – auxina), hormônio promotor de crescimento em plantas (FERREIRA; CRUZ, 1991). Uma possível explicação para não haver diferença significativa entre as doses de zinco nas maiores saturações por bases (60 e 80%) é que ocorre um decréscimo na disponibilidade desse elemento, quando o pH aumenta; assim, mesmo elevando as doses do zinco, a disponibilidade deste no solo permaneceu semelhante.

Na Tabela 8, apresenta-se o desdobramento da interação doses de calcário e de zinco no comprimento total do racemo primário. Na dose de 1,0 mg dm⁻³ de Zn, alcançou maior valor na V% = 80, sendo o valor maior que nas demais (V% = 40 e 60%), diferindo-se significativamente apenas do valor alcançado na V% = 40. Na dose de 2,0 mg dm⁻³ de Zn, o maior comprimento total foi alcançado nas V% = 60 e 80, diferindo-se significativamente apenas do valor alcançado na V% = 40.

Tabela 8. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco para o comprimento total do racemo primário (cm).

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por base (%)		
	40	60	80
	Comprimento total do racemo primário (cm)		
0,5	30,75	35,00	29,00
1,0	28,25 B ²	33,00 AB	36,50 A
2,0	29,25 B	39,50 A	40,50 A
4,0	32,75	36,50	31,00
8,0	37,25	32,00	35,75

²Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade.

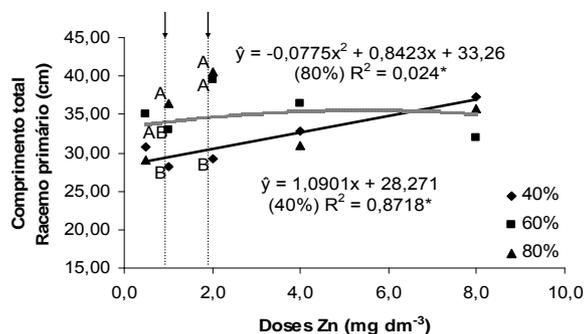


Figura 6. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para o comprimento total racemo primário (cm).

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma dose diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

No comprimento total do cacho (Figura 6), pode-se afirmar também que apenas na menor dose de calcário os valores do comprimento total se ajustaram a uma linha de tendência linear significativa, em função das doses de zinco. Na maior dose (V% = 80), embora significativa, o comprimento total apresentou R² muito baixo.

Apesar dessas diferenças, a razão da parte feminina/parte masculina não apresentou diferença significativa entre as doses de calcário, nem nas doses de zinco ou na interação destes (Figura 6). Quando algum destes fatores promovia o crescimento da parte feminina, promovia também o da masculina, compensando-os na razão. Quanto maior essa razão, maior será o número de frutos por planta, porque é a parte feminina que corresponde à quantidade de frutos formados.

Severino et al. (2006), avaliando o crescimento e a produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes, relataram que apenas o nitrogênio e o potássio promoveram efeitos discretos na expressão sexual da mamoneira, favorecendo o aumento de produtividade.

Conclusão

Maiores doses de calcário promoveram aumento da altura de plantas, produção de massa seca da parte aérea, número de grãos por planta e massa seca de grãos por planta. Não houve diferença significativa das doses de zinco aplicadas no solo nas médias das variáveis avaliadas. Houve interação de doses de calcário e zinco no solo na altura da planta, na massa seca da raiz, no comprimento da parte masculina e no comprimento total do racemo.

Referências

ABREU, C. A.; FERREIRA, M. E.; BORKERT, C. M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAJJ, B.

- Van; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: Potafós, 2001. p. 125-150.
- ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C.; PASSOS, J. F. M. Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo Bruno aluminoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 963-975, 2005.
- ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 321-327, 2001.
- CAIRES, E. F.; KUSMAM, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.
- CAIRES, E. F.; CORRÊA, J. C. L.; CHURKA, S.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5, p. 502-509, 2006.
- CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, 2004.
- CONSOLINI, F.; COUTINHO, E. L. M. Efeito da aplicação de Zn e do pH do solo na disponibilidade do micronutriente. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 7-12, 2004.
- CORREA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, D. M.; PERES, M. G. M. Aplicação superficial de diferentes fontes de corretivos no crescimento radicular e produtividade da aveia preta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1583-1590, 2008.
- COUTINHO, E.; SILVA, E.; SILVA, A. Crescimento diferencial e eficiência de uso em zinco de cultivares de milho submetidos a doses de zinco em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 2, p. 227-234, 2007.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, CNPS, 1999.
- FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; DUTRA, L. G. Limitações químicas dos solos de cerrado e de várzea. In: EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Deficiências nutricionais na cultura ao feijoeiro e suas correções**. Goiânia: Embrapa/ CNPAF, 1996. p. 8-11. (Documento, 65).
- FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafós, 1991.
- FREIRIA, A. C.; MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; YAGI, R. Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 285-291, 2008.
- GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) e do milho (*Zea mays* L.) em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, n. 1, p. 72-75, 1981.
- LEAL, R. M. L.; FRACO, C. F.; BRAGHIROLI, L. F.; ARTUR, A. G.; SABONARO, D. Z.; BETTINI, M.; PRADO, R. M. Efeito da aplicação de zinco em sementes sobre a nutrição e a produção de massa seca de plantas de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 491-496, 2007.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987.
- QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.
- RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.
- ROSOLEM, C. A.; FRANCO, G. R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 807-814, 2000.
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A. M.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006.
- SOUZA, E. A.; NEPTUNE, A. M. L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L. à adubação e calagem. **Científica**, v. 4, n. 3, p. 274-281, 1976.
- SOUZA, E. C. A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, v. 25, n. 2, p. 327-333, 1997.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TEIXEIRA, I.; BORÉM, A.; SILVA, A.; KIKUTI, H. Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 255-259, 2008.
- VALE, L. S. R.; ROSOLEM, C. A.; GRASSI FILHO, H.; MORAES, M. H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da compactação do solo e calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 3, p. 491-512, 1994.
- VOLPE, E.; MARCHETTI, M.; MACEDO, M.; ROSA JUNIOR, E. Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 131-138, 2008.

Received on November 19, 2008.

Accepted on November 21, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.