

CRESCIMENTO INICIAL DE CRAIBEIRA EM SOLO SALINIZADO CORRIGIDO COM ENXOFRE ELEMENTAR

FRANCISCO VANIÉS DA SILVA SÁ¹; JOSINALDO LOPES ARAUJO²; MAURÍCIO CAVALCANTE DE NOVAES¹ E SAUL RAMOS DE OLIVEIRA¹

¹Estudante de Agronomia, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Jario Feitosa, s/n, Bairro Pereiros, CEP 58840-000, Pombal, PB, e-mail: mauro.novaes@hotmail.com

²Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência do Solo, Professor Adjunto, UAGRA/UFCG, e-mail: jhosinal_araujo@yahoo.com.br

1 RESUMO

Os solos degradados por sais ocorrem em todo o mundo, particularmente em regiões áridas e semiáridas da terra, onde a precipitação pluviométrica é limitada e, ou mal distribuída ou as duas situações simultaneamente. Objetivou-se avaliar o efeito de doses de enxofre elementar sobre na correção de um solo comprometido por excesso de sais e de sódio e no crescimento inicial de craibeira (*Tabebuia aurea*). O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando-se amostras de um solo salino-sódico de textura franco arenosa. Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos referentes às doses de enxofre elementar (0, 50, 100, 150 e 200% da dose correspondente a necessidade de gesso) em quatro repetições. O solo foi acondicionado em vasos de 6 dm³ e incubado com o corretivo por 20 dias, quando foi analisado quanto à salinidade e sodicidade. Este procedimento foi repetido após a aplicação de duas lâminas de lixiviação dos sais em intervalo de 20 dias. As doses enxofre elementar proporcionaram diminuição dos valores de pH, PST, RAS e dos teores solúveis de sódio. Por outro lado, houve aumento dos teores de cálcio e magnésio do extrato de saturação. Pelos resultados, o enxofre diminui a alcalinidade e a sodicidade do solo e eleva os teores de cálcio e magnésio, sendo que a dose de S que corrigiu o solo pela redução de sua PST para 15% foi de 45,5% da necessidade de enxofre. Os valores máximos de crescimento em altura e produção de matéria seca da parte aérea e de raízes foram obtidos nas doses de S correspondentes a 48, 45 e 40% da necessidade de gesso, respectivamente.

Palavras-chave: Oxidação de enxofre, sodicidade, corretivos, solo degradado

SÁ, F.V.S.; ARAUJO, J.L.; NOVAES, M.C.; OLIVEIRA, S.R.
INITIAL GROWTH OF *Tabebuia aurea* IN SALINIZED SOIL CORRECTED WITH
ELEMENTAL SULFUR

2 ABSTRACT

Degradation of soils by salts occurs throughout the world, particularly in arid and semiarid land, in which rainfall is limited or poorly distributed, or when both situations occur simultaneously. The study aimed at evaluating the effect of doses of elemental sulfur on the correction of soil affected by salt and sodium excess, and on initial growth of *Tabebuia aurea*. The experiment was conducted in a green house with samples of saline-sodic sandy

loam soil. The experimental design was completely randomized, with five treatments related to elemental sulfur rates (0, 50, 100, 150 and 200% of the dose corresponding to the need of gypsum) with four replications. The soil was placed in 6 dm³ pots and incubated with the corrective agent for 20 days, and then, analyzed concerning salinity and sodicity. This procedure was repeated after applying two-step salt leaching in a 20-day interval. Rates of elemental sulfur led to a decrease in values of pH, PST, RAS and soluble sodium concentration. On the contrary, an increase was found in calcium and magnesium levels of the saturation extract. The results showed that sulfur reduces soil alkalinity and sodicity, and increases calcium and magnesium levels. The rate of S for soil amendment by reduction of its PST to 15% was 45.5% of the sulfur need. The rates of S which led to the highest values of plant height and production of shoot and root dry matter were 48, 45 and 40%, respectively.

Keywords: oxidation of sulfur, sodicity, amendments, degraded soil.

3 INTRODUÇÃO

A salinidade, sodicidade ou ambas simultaneamente, proporciona alterações químicas, físicas e biológicas no solo, as quais em última instância se refletem no comportamento das espécies vegetais nos quais são cultivadas (Qadir et al., 2007). A salinidade exerce efeitos complexos sobre as plantas como o resultado das interações iônicas, osmótica e nutricional (Sairam & Tyagi, 2004; Gollack et al., 2011). O elevado pH, o excesso de sais solúveis e de sódio trocável, as propriedades físicas indesejáveis e a reduzida disponibilidade de nutrientes invariavelmente prejudicam o crescimento normal das culturas nesses solos, embora o efeito ocorra em diferentes intensidades conforme a tolerância das espécies vegetais (Sairam & Tyagi, 2004; Chaves et al., 2009).

As práticas empregadas na correção desses solos envolvem a lavagem com água de irrigação e o emprego de produtos como gesso agrícola, o ácido sulfúrico, sulfato ferroso e o enxofre elementar. Em se tratando de solos salino-sódicos ou sódicos, é recomendável o uso de produtos de reação ácida, por proporcionar diminuição do pH desses solos, que são normalmente elevados (Qadir et al., 2007).

Dentre os corretivos o gesso, apesar da sua baixa solubilidade (em torno de 2 g L⁻¹), tem sido o mais empregado, principalmente devido ao seu baixo custo em relação aos demais. Apesar de muitos trabalhos atestarem seus efeitos positivos na melhoria dos atributos químicos e físicos do solo (Zia et al., 2007; Stamford et al., 2007; Leite et al., 2007; Pazhanivelan et al., 2008; Gharaibeh et al., 2009, Sousa et al., 2012), o corretivo é de reação neutra e pouco contribui para abaixar o pH destes solos. O ácido sulfúrico é outro produto que pode ser empregado em solos sódicos ou salino-sódicos, o qual tem como principais vantagens sua imediata dissociação e alta eficiência em reduzir o pH dos solos para níveis mais apropriados para as plantas (Amezketta et al., 2005). Contudo, o ácido sulfúrico tem com desvantagem seu custo elevado e a necessidade de um maior cuidado no seu manuseio, devido aos riscos de acidentes. O enxofre elementar por sua vez tem efeito similar ao ácido sulfúrico na correção dos solos salinos-sódicos, uma vez que quando o produto é oxidado no solo por intermédio de bactérias *Thiobacillus thiooxidans* ocorre a produção do ácido sulfúrico. Este corretivo tem como principais vantagens ser de fácil manuseio e disponibilidade no mercado. Muitos trabalhos têm relatado sua eficácia nestes solos (Stamford et al., 2002; Stamford et al., 2007; Mohamed et al., 2007; Pereira et al., 2010; Sousa et al., 2012).

Além do uso de corretivos, o cultivo de espécies mais tolerantes à salinidade, é uma das medidas que podem acelerar o processo de recuperação destes solos reintegrando as áreas salinizadas mais rapidamente a produção agrícola (Qadir et al., 2007). As espécies arbóreas têm como vantagem o sistema radicular profundo, aumentando a permeabilidade do solo e a lixiviação dos sais e o abaixamento do lençol freático (Qadir et al., 1996). Contudo, poucos trabalhos foram realizados com tais espécies, principalmente as arbóreas de ocorrência no bioma Caatinga (Holanda et al., 2007; Freitas et al., 2010; Sousa et al., 2012).

A craibeira (*Tabebuia aurea*) é uma espécie de ocorrência no bioma Caatinga pertencente à família *Bignoniaceae*, sendo uma árvore de 10-12 m de altura, bastante ramificada (Lorenzi, 2000). Devido ao elevado valor energético de sua madeira, a espécie tem sido uma das mais extraídas para uso como lenha ou para a produção de carvão vegetal, o que tem contribuído para acelerar seu processo de extinção, tornando-se cada vez mais rara em áreas do bioma Caatinga. A espécie apresenta crescimento médio podendo ser indicada para reflorestamento, principalmente em matas ciliares, nas regiões de baixa pluviosidade (Lorenzi, 2000). Contudo, são praticamente inexistentes informações científicas sobre o crescimento inicial desta espécie em solo degradado pela salinidade (Holanda et al., 2007; Gomes et al., 2012). Gomes et al. (2012) avaliando o efeito de cinco níveis de salinidade em solução nutritiva sobre a craibeira (0, 50, 100, 200 e 400 mmol L⁻¹ NaCl) observaram redução significativa de todos os parâmetros de crescimento avaliados na espécie nos níveis mais elevados de salinidade.

Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de enxofre elementar na correção de um solo comprometido pelo excesso de sais e de sódio e no crescimento inicial da craibeira (*Tabebuia aurea*).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), *Campus* de Pombal-PB. Foram utilizadas amostras de um NEOSSOLO FLÚVICO (Embrapa, 2006), salino sódico, textura franco arenosa, obtidas no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km do município de Sousa-PB (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos obtidos do extrato de saturação e teores das frações granulométricas do solo utilizado no experimento.

Atributo	Valor
pHes	10,4
CEes (dS m ⁻¹)	19,0
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	293,0
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	6,0
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	5,8
H ⁺ + Al ³⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,0
PST (%)	63,5
RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	121,0
Areia (g kg ⁻¹)	650,0
Silte (g kg ⁻¹)	225,0
Argila (g kg ⁻¹)	95,0

PST: percentagem de sódio trocável; RAS: relação de adsorção de sódio; CEes: condutividade elétrica do extrato de saturação.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos referentes às doses de enxofre elementar (0, 50, 100, 150 e 200% da dose correspondente a necessidade de gesso) com quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída por uma planta em um vaso de formato arredondado de 23 cm de altura e diâmetros inferior e superior de 15 cm e 24 cm, respectivamente, contendo 6 dm³ de solo. A dose de enxofre elementar (2,48 g dm⁻³) correspondente a 100% da necessidade de gesso (NG), foi calculada como base no teor de sódio trocável do solo, visando diminuir a percentagem de sódio trocável - PST para 15%. A dose de sulfato de cálcio correspondente a 100% da NG foi convertida para enxofre elementar, com base na concentração de enxofre fornecida pelo sulfato de cálcio (CaSO₄.2H₂O), considerando a pureza de ambos os reagentes. As doses correspondentes do corretivo foram homogeneizadas a todo volume de solo dos vasos, os quais passaram 20 dias incubados com umidade correspondente a 70% da capacidade de campo.

Após o período de incubação, e antes da lavagem, foram retirados de cada vaso, cerca de 300 g de solo, com os quais foram avaliados no extrato de saturação a CEes (condutividade elétrica), os teores solúveis de Na⁺ e Ca²⁺ + Mg²⁺, RAS (relação de adsorção de sódio) e a PST (percentagem de sódio trocável) utilizando-se as expressões 1 e 2, respectivamente como recomendado por Richards (1954):

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg}) / 2}} \quad (1)$$

$$\text{PST} = \frac{100(0,01475\text{RAS} - 0,0126)}{1 + (0,01475\text{RAS} - 0,0126)} \quad (2)$$

em que:

Na, Ca e Mg são os teores solúveis em mmol_c L⁻¹ desses íons

Após esta etapa, foram aplicadas duas lâminas de lixiviação, em intervalos de 20 dias, com um volume de água equivalente a duas vezes a porosidade total do solo. Posteriormente o solo foi novamente analisado quanto à salinidade e sodicidade conforme procedimentos anteriormente descritos.

As sementes de craibeira (*Tabebuia aurea*) foram germinadas em tubetes de 300 mL preenchidos com substrato composto por solo não salino, areia e esterco bovino, na proporção volumétrica de 1:1:1. Trinta dias após a emergência, as mudas foram transplantadas para os vasos empregados no primeiro experimento, com os respectivos tratamentos, após terem atingido altura mínima de 15 cm.

Após o transplântio das mudas, em todos os vasos, foi realizada uma adubação básica com macro e micronutrientes conforme Malavolta (1980). A adubação com macronutrientes consistiu na aplicação de nitrogênio (250 mg dm⁻³), fósforo (150 mg dm⁻³), potássio (100 mg dm⁻³) e magnésio (20 mg dm⁻³), os quais foram fornecidos na forma de solução utilizando-se as seguintes fontes p.a.: ureia [CO(NH₂)₂], ácido fosfórico (H₃PO₄), fosfato monobásico de potássio (KH₂PO₄), cloreto de potássio (KCl) e sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O). A adubação com micronutrientes constituiu-se na pulverização manual das plântulas com uma solução contendo sulfato de cobre (1,0 g L⁻¹), cloreto de manganês (2,0 g L⁻¹), sulfato ferroso (5,0 g L⁻¹) e sulfato de zinco (2,5 g L⁻¹), usando fontes p.a. O fornecimento de micronutrientes

via foliar foi realizado em duas etapas, sendo a primeira cinco dias após o transplante e a segunda, trinta dias após.

Durante 75 dias após o transplante das mudas, foram realizadas medições quinzenais do diâmetro do caule e altura de planta, com as quais foram determinados os valores de crescimento em diâmetro e altura de cada espécie. Posteriormente, as partes aéreas foram cortadas rente ao solo, e as raízes separadas da massa de solo por peneiramento, seguido de lavagem. Em seguida, as partes colhidas foram secas em estufa a cerca de 65°C para a obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raízes (MSR) e a relação MSR/MSPA.

As variáveis foram avaliadas mediante análise de regressão polinomial ao nível de 5% de significância utilizando o *software* SISVAR 4.0. (Ferreira, 2000) e estudo de correlação entre variáveis com o auxílio do *software* SAEG 9.1.(SAEG, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes e após a lavagem do solo, os valores de pH (Figuras 1A e 1B), PST (Figuras 1E e 1F), RAS (Figuras 1G e 1H) e os teores de sódio após a lavagem (Figura 2B), apresentaram decréscimo com o aumento das doses de enxofre no solo, enquanto para os valores de CEes (Figuras 1C e 1D), K^+ (Figuras 2C e 2D), Ca^{2+} (Figuras 2E e 2F), Mg^{2+} (Figura 2G e 2H) o comportamento foi variável, com tendência de acréscimo para os teores de K^+ e Ca^{2+} após a lavagem, com o aumento das doses de enxofre elementar.

Observou-se que as variáveis associadas à salinidade (CEes) e à sodicidade (Na solúvel, PST e RAS) assim como os teores de K^+ , foram consideravelmente superiores antes da aplicação da lâmina de lixiviação, o que não ocorreu com os teores de cálcio e magnésio (Figura 1). Isso se deve ao fato do sódio e do potássio serem de fácil remoção pela água de lixiviação, principalmente o sódio, devido ao seu elevado raio hidratado em relação aos íons cálcio e magnésio (Ribeiro et al., 2003). Assim, havendo a remoção do sódio pela lavagem, também ocorrem decréscimos nos valores de CEes, PST e RAS.

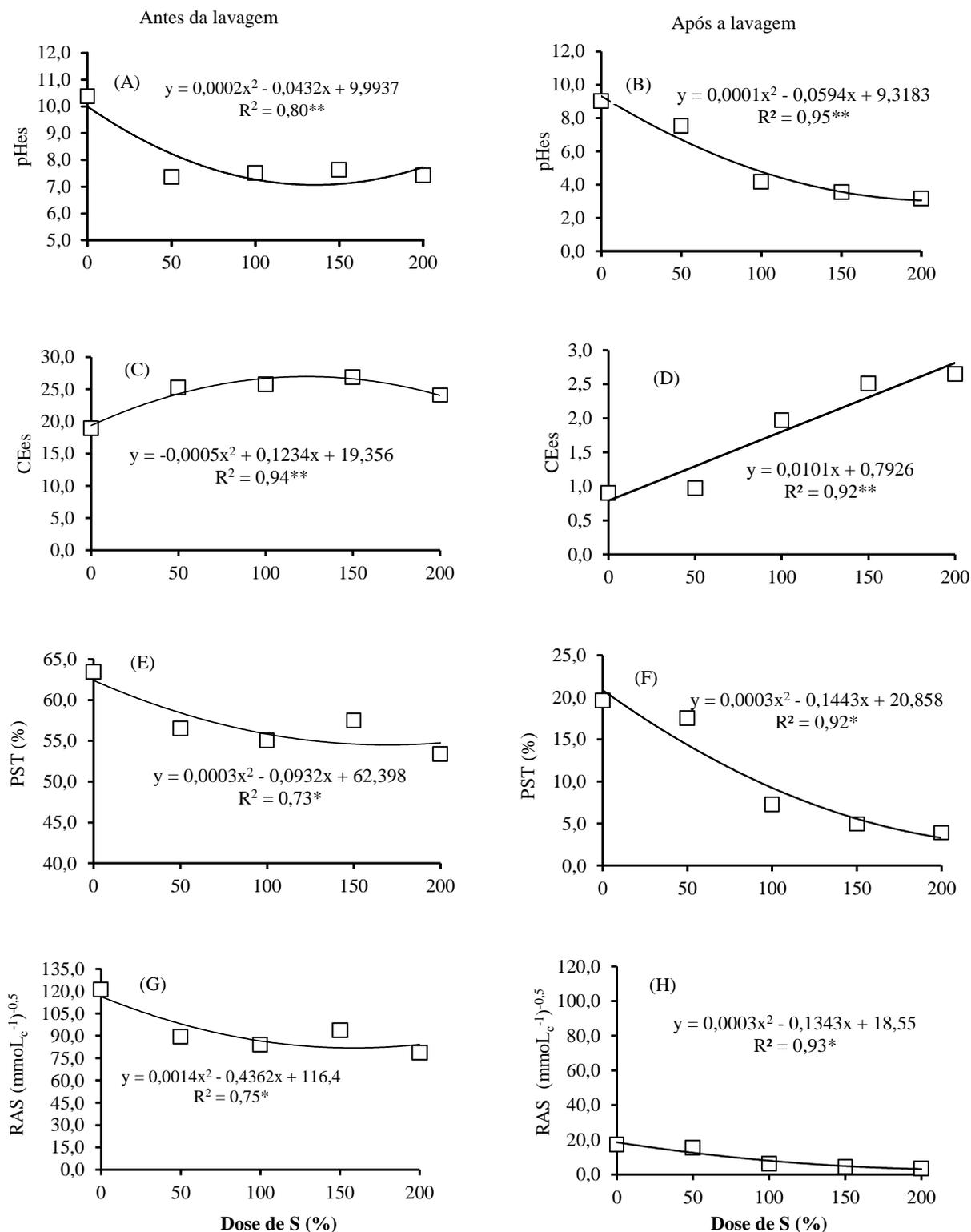


Figura 1. Valores de pH (A e B), condutividade elétrica (CEes) (C e D), percentagem de sódio trocável (PST) (E e F) e relação de adsorção de sódio (RAS) (G e H) no solo em função das doses de enxofre elementar (S).

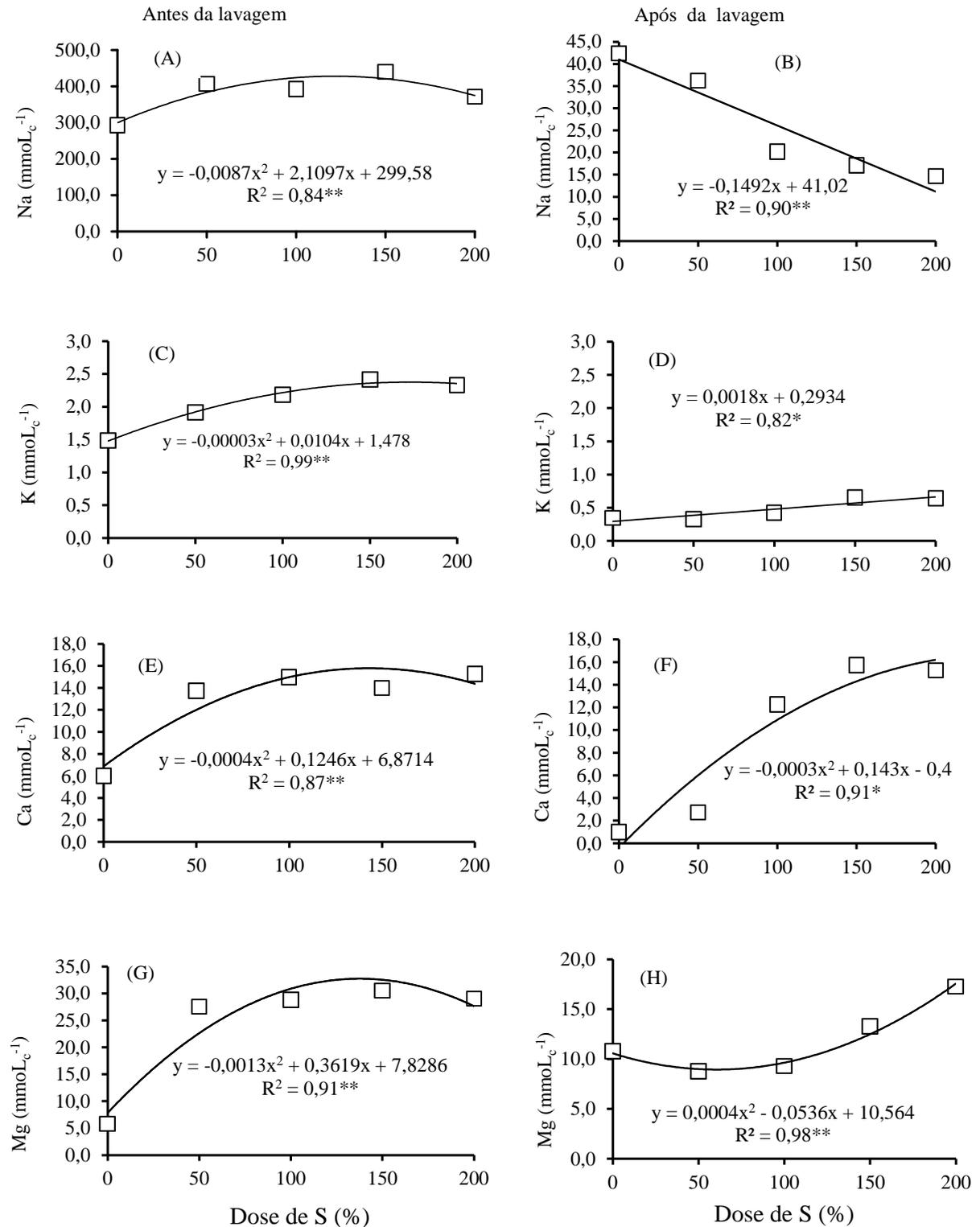


Figura 2. Teores solúveis de sódio (A e B), potássio (C e D), cálcio (E e F) e magnésio (G e H) no solo em função das doses de enxofre elementar (S).

A diminuição dos valores de pH com as doses do corretivo deve-se ao efeito direto da oxidação biológica do enxofre no solo, a qual gera ácido sulfúrico (Stamford et al., 2002) e também pelo efeito indireto pelo aumento dos teores de cálcio e magnésio, os quais

substituem o Na^+ no complexo sortivo do solo. O aumento dos teores de cálcio e magnésio é devido à ação dos íons H^+ gerados pelo corretivo na solubilização de minerais primários do solo como calcita, dolomita e feldspatos, normalmente encontrados nestes solos (Corrêa et al., 2003). Neste processo, o sódio é deslocado do complexo coloidal para a solução do solo, o qual reage com os ânions sulfatos, formando sulfato de sódio para então ser lixiviado após a aplicação de uma lâmina de água. Assim, o sulfato e os íons H^+ gerados pela oxidação biológica do enxofre, favoreceram a lixiviação de sódio e íons HCO_3^- contribuindo, desta forma, para a diminuição dos teores de Na, dos valores de pH, PST e da RAS do solo (LEITE et al., 2007). Estes resultados são semelhantes aos obtidos em outros trabalhos como em Stamford et al. (2002), Stamford et al. (2007), Pereira et al. (2010) e em Sousa et al. (2012). O aumento da CEes com as doses de enxofre, se deve à transferência do sódio dos sítios de troca para a solução do solo e de cálcio, magnésio, potássio e aos íons H^+ gerados pela oxidação do enxofre, como já mencionado, aumentando assim a salinidade do solo que é reduzida com a lixiviação pela lavagem dos solo.

O estudo de correlações demonstrou, na maioria dos casos, elevado grau de dependência entre os atributos do solo avaliados (Tabela 1). Correlações negativas entre o pH e os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , ocorreram devido à remoção do sódio do complexo pelos íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ gerados durante a oxidação do enxofre, os quais passaram a ocupar os sítios de adsorção antes ocupados pelo Na^+ (Sousa et al., 2012). Este fato também pode ser justificado pelas correlações negativas observadas entre os teores de Na^+ e os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ (Tabela 1). Os valores de PST se correlacionaram negativamente com os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ como consequência da diminuição dos teores de Na^+ do complexo de troca do solo pela ação do corretivo, como já comentado. As correlações positivas entre os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ e CEes podem ser explicadas pelo aumento da força iônica da solução do solo com o aumento das concentrações destes cátions no solo (McBride, 1995).

Tabela 2. Coeficientes de correlações simples de Pearson entre as variáveis obtidas do extrato de saturação

	pH	CEes	Na	K	Ca	Mg	PST
RAS	0,95**	-0,86**	0,98**	-0,71**	-0,94**	-0,50*	0,99**
PST	0,96**	-0,87**	0,98**	-0,73**	-0,95**	-0,52*	-
Mg	-0,51*	0,68**	-0,42*	0,63**	0,49**	-	-
Ca	-0,95**	0,88**	-0,88**	0,83**	-	-	-
K	-0,76**	0,83**	-0,64**	-	-	-	-
Na	0,91**	-0,78**	-	-	-	-	-
CEes	-0,92**	-	-	-	-	-	-

CEes: Condutividade elétrica do extrato de saturação; PST: percentagem de sódio trocável; RAS: relação de adsorção de sódio.

Em comparação aos valores iniciais, antes da aplicação dos tratamentos e das lâminas de lixiviação, observou-se que apenas a lavagem (dose zero de enxofre) foi suficiente para reduzir consideravelmente a salinidade (CEes) e a sodicidade (PST e RAS) do solo. Essa redução se deve à textura arenosa do solo, que favoreceu a lixiviação dos sais, após a aplicação da lâmina de lixiviação. Assim, após a lavagem, o solo passaria, a ser considerado não salino (United States Salinity Laboratory, 1954) independentemente da dose do corretivo, mas continuaria sódico na dose zero, uma vez que sua PST permaneceu acima de 15%, sem a aplicação do corretivo (Camargo et al., 1987). Conforme as equações de regressão ajustadas

para a PST e para o pH, as doses de enxofre elementar capazes de reduzir a PST para 15% e o pH para 6,5 seriam de 53,5% e 45,5% da necessidade de enxofre, respectivamente.

Os valores de crescimento em altura e em diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) se ajustaram ao modelo de regressão raiz quadrada, enquanto a relação raiz/parte aérea se ajustou ao modelo linear (Figura 3). Os valores máximos para a altura (Figura 3A) e diâmetro (Figura 3B) estimados pelas respectivas equações de regressão, foram obtidos com as doses de S correspondentes à 48 e 45% da necessidade de gesso, respectivamente. Para a produção de MSPA (Figura 3C) e a produção de MSR (Figura 2D) os valores máximos foram obtidos nas doses de S correspondentes a 40 e 30%, respectivamente. Verificou-se que estes percentuais foram semelhantes àqueles que proporcionaram ao solo, valores adequados de pH, CEes e PST para a maioria das plantas (Figura 2). Assim, as respostas das plantas às doses de S, foram decorrentes do estabelecimento de melhores condições químicas no solo com a diminuição do pH e dos teores de Na^+ , na faixa de 40 a 53% da NG. Nas doses abaixo dessa faixa, a diminuição do crescimento e produção de matéria seca das plantas, certamente foi provocada de forma direta, pela toxicidade de sódio na planta, bem como pela inibição competitiva entre os íons Na^+ e os íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ no processo de absorção (Munns, 2002; Taiz & Zeiger, 2006; Sousa et al., 2012). Pereira et al. (2010) e Sousa et al. (2012) observaram que elevados teores de sódio no solo proporcionaram redução significativa do crescimento inicial e produção de matéria seca de várias espécies arbóreas de ocorrência no bioma Caatinga.

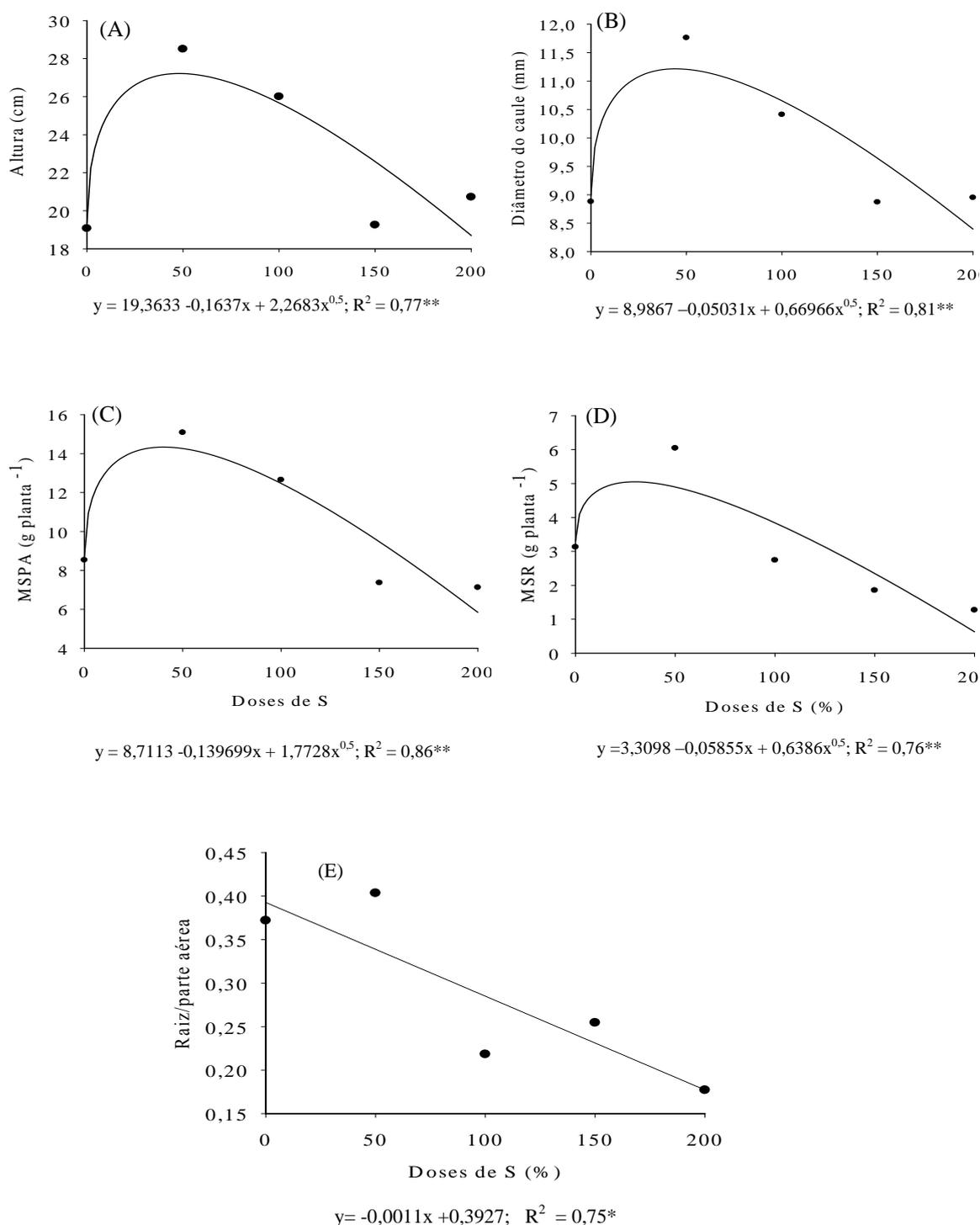


Figura 3. Crescimento em altura (A), em diâmetro (B), matéria seca da parte aérea (MSPA) (C) e de raízes (MSR) (D) e relação raiz/parte aérea (E) de craibeira (*Tabebuia aurea*) em solo salino-sódico em função de doses de enxofre elementar (S).

Nas doses de S acima da faixa que proporcionou valores máximos para o crescimento e produção de matéria seca, essa diminuição provavelmente se deu pela elevada acidez do solo, uma vez que os valores de pH chegaram a atingir cerca de 4,0 na maior dose de S. Dessa forma,

assim como ocorreu com o pH do solo (Figura 1), a relação raiz/parte aérea (Figura 3E) decresceu com as doses de S aplicadas ao solo. Assim, a acidez elevada nas maiores doses de S, possivelmente, comprometeu o desenvolvimento do sistema radicular, diminuindo a capacidade de absorção de nutrientes e água e por conseguinte o crescimento da planta (Epstein & Bloom, 2006).

6 CONCLUSÕES

A aplicação de enxofre elementar reduz a alcalinidade, a sodicidade e eleva os teores de cálcio e magnésio no solo.

A dose de enxofre que corrigiu o solo pela redução de sua PST para 15% foi de 45,5% da NG, enquanto as doses de S que proporcionaram os valores máximos de crescimento em altura e produção de matéria seca da parte aérea e de raízes foram 48; 45 e 40%, respectivamente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMEZKETA, E.; ARAGÜÉS, R.; GAZOL, R. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum, and two gypsum By-Products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 3, p. 983-989, 2005.

CAMARGO, M. N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J. H. **Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

CORRÊA, M. M. et al. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 311-324, 2003.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 212 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 169 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 255-258.

FREITAS, R. M. O. et al. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 54-58, 2010.

- GHARAIBEH, M. A.; ELTAIF, N. I.; SHUNNAR, O. F. Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. **Journal Plant Nutrition Soil Science**, Temuco, v. 172, n. 5, p. 713-719, 2009.
- GOLLDACK, D.; LÜKING, I.; YANG, O. Plant tolerance to drought and salinity: stress regulating transcription factors and their functional significance in the cellular transcriptional network. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 30, n. 8, p. 1383-1391, 2011.
- GOMES, A. V.; FREIRE, A. L. O.; LEITE, M. O. A salinidade e seus reflexos no crescimento e acúmulo de solutos orgânicos em plantas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth & Hook). **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 206 -212, 2012.
- HOLANDA, A. C. et al. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, João, Pessoa, v. 7, n. 3, p. 39-50, 2007.
- LEITE, E. M. et al. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 168-176, 2007.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 373 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 1980. 251 p.
- McBRIDE, M.B. **Environmental Chemistry of Soils**. New York: Oxford University Press, 1995. 416 p.
- MOHAMED, A. I.; ALI, O. M.; MATLOUB, M. A. Effect of soil amendments on some physical and chemical properties of some soils of Egypt under saline irrigation water. **African Crop Science Conference Proceedings**, El-Minia, v. 8, n.1 , p. 1571-1578, 2007.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Logan, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.
- PAZHANIVELAN, S. et al. Influence of planting techniques and amendments on the performance of Tamarind (*Tamarindus indicus*) and changes in soil properties in rainfed alkali soil. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Amman, v. 4, n. 4, p. 285-288, 2008.
- PEREIRA, E. B. et al. Desempenho de corretivos na recuperação de um solo salino-sódico do semiárido Paraibano. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., Guarapari, 2010. **Anais...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 1 CD-ROM.
- QADIR, M. et al. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 96, n1., p. 197-247, 2007.

QADIR, M.; QURESHI, R. H.; AHMAD, N. Reclamation of a saline-sodic soil by gypsum and *Leptochloa fusca*. **Geoderma**, Amsterdam, v. 74, n. 3, p. 207-217, 1996.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos do Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N. et al. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 3 v.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2007. 1 CD-ROM.

SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, Bangalore, v. 86, n. 3, p. 407- 421, 2004.

SOUSA, F. Q. et al. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 173-181, 2012.

STAMFORD, N. P. et al. Effect of sulphur inoculated with *Thiobacillus* on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 139, n. 3, p. 275 - 281, 2002.

STAMFORD, N. P.; RIBEIRO, M. R.; CUNHA, K. P. V. Effectiveness of sulfur with *Acidithiobacillus* and gypsum in chemical attributes of a Brazilian sodic soil. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Netherlands, v. 23, n. 10, p. 1433-1439, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: _____. **Fisiologia vegetal**. Tradução. 3 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p.613-621.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: Department of Agriculture, 1954. 160 p. (Handbook, 60).

ZIA, M. H. et al. Effectiveness of sulphuric acid and gypsum for the reclamation of a calcareous saline-sodic soil under four crop rotations. **Journal Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 193, n. 4, p. 262-269, 2007.