

CLORETO DE SÓDIO E SILÍCIO E SEUS EFEITOS NA NUTRIÇÃO MINERAL E NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE PLANTAS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.)¹

José Romilson Paes de MIRANDA²

Janice Guedes de CARVALHO³

Antonio Lucineudo de Oliveira FREIRE²

Antonio Rodrigues FERNANDES⁴

Diércules Rodrigues dos SANTOS²

Haroldo Nogueira de PAIVA⁵

RESUMO: Conduziu-se o experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras com o objetivo de avaliar o efeito do silício sobre a nutrição mineral e a produção de matéria seca de plantas de moringa submetidas ao estresse salino. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial (5x4), em que o primeiro fator referiu-se aos níveis de NaCl (0; 30; 60; 90 e 120 mol m⁻³) e o segundo aos níveis de SiO₂ (0, 0,5, 1,0 e 1,5 mol m⁻³), com 3 repetições e uma planta por vaso contendo solução de Hoagland & Arnon (1950) a 50% da concentração normal. As soluções foram renovadas em intervalos de 10 dias, e aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos as plantas foram colhidas, separadas em folhas, caule e raízes e secas para determinação da produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl e Si, nos diversos componentes vegetais. Observou-se que a adição do silício elevou o acúmulo de K nas folhas, e reduziu o acúmulo de Na nas diversas partes da planta, de modo mais consistente nas folhas e caule, e inibiu o efeito estimulante que as baixas concentrações de NaCl propiciavam sobre a produção de matéria seca das plantas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: *Moringa oleifera*, Solução Nutritiva, Salinidade, Silício.

SODIUM CHLORIDE AND SILICON EFFECTS IN THE MINERAL NUTRITION AND DRY MATTER PRODUCTION OF MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) PLANTS

ABSTRACT: A greenhouse experiment was conducted at the Soil Science Department of Federal University of Lavras, Brazil, with the objective to determine the effect of silicon on the mineral

¹ Aprovado para publicação em 12.05.05

Parte da Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo primeiro autor, para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Departamento de Engenharia Florestal - UFCG/CSTR/DEF. Campus de Patos (PB), CEP-58.700-000. E-mail: paesr@bol.com.br

³ Engenheira Agrônoma, Dra, Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo-UFLA, Lavras (MG).

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: arfernan@ufra.edu.br.

⁵ Engenheiro Florestal, Dr., Professor da Universidade Federal de Viçosa (MG).

nutrition and dry matter production of moringa plants cultivated under salinity stress. The experiment followed a random block-type factorial scheme, with three replications and one plant per pot of 3 L capacity. Five levels of NaCl (0, 30, 60, 90, and 120 mol m⁻³) were combined with four levels of SiO₂ (0.0, 0.5, 1.0, and 1.5 mol m⁻³) in Hoagland and Arnon nutrient solutions at 50% normal concentration. The solutions were renewed every 10-days interval. The moringa plants were harvested at 45 days. Leaves, stems, and roots were separately dried for determination of dry matter and accumulation of - N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl, and Si. Silicon increased K accumulation in the leaves of the moringa plant and decreased Na accumulation in all plant parts, especially in the leaves and stems. Silicon also inhibited the stimulant effect of low concentrations of NaCl on dry matter production.

INDEX TERMS: *Moringa oleifera*, Nutritive Solution, Salinity, Silicon.

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que apenas no semi-árido brasileiro, a área ocupada por solos naturalmente salinos é superior a 9 milhões de hectares, predominando no interior do Polígono das Secas. Em termos mundiais, a perda de terras devido à salinização secundária é superior às áreas incorporadas ao sistema produtivo através do desmatamento (FROMMER; LUDEWIG; RENTSCH, 1999). Apesar de variar em função da tolerância das plantas à salinidade, a degradação química dos solos, pelo excesso de sais, exerce efeitos imediatos sobre os vegetais, podendo ser resumidos em seca fisiológica provocada pela redução no potencial osmótico, desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica e à inibição pelo sódio da absorção de outros cátions, e ao efeito tóxico de íons sódio e cloro (JEFFREY; IZQUIERDO, 1989). A tolerância ao estresse salino pode ser função do controle na aquisição e alocação de sódio pela planta, do ajustamento osmótico (CHEESEMAN, 1988), da compartimentalização do sódio, da

presença de pequenas porções do citoplasma com alta mobilidade envolvida no transporte, distribuição e compartimentalização dos íons (JESCKE; WOLF, 1988), além do acúmulo de compostos nitrogenados, como mecanismo de manutenção da atividade metabólica vegetal (BROETTO, 1995).

De modo geral, a pesquisa científica tem contribuído para a redução dos efeitos da salinidade sobre as plantas através da avaliação de métodos de recuperação de solos e da identificação de mecanismos que, através do melhoramento genético, confirmam às plantas tolerância ao excesso de sais (BROETTO, 1995).

O desenvolvimento de técnicas que permitem a integração de áreas degradadas pela salinidade ou pela sobre exploração ao sistema produtivo, utilizando-se espécies florestais nativas ou exóticas, como a moringa (*Moringa oleifera*), poderá elevar a oferta de produtos de origem florestal, e reduzir a pressão de consumo sobre a vegetação nativa da região Nordeste. Esta espécie pode ser encontrada em diversas regiões do semi-árido brasileiro e apresenta

tolerância ao estresse hídrico, e segundo Miranda e Carvalho (1998) é uma planta halofílica. No continente asiático é comumente utilizada na alimentação humana e animal (CÁCERES et al., 1991), na produção de óleo (JAHN, 1992), e como planta medicinal (PETER, 1979; MORTON, 1991), e pelas propriedades que possuem, as sementes são empregadas na clarificação de água para o consumo humano, característica bastante relevante, tendo em vista que diversas localidades do semi-árido brasileiro ainda não dispõem do tratamento tradicional de água.

Para se corrigir a salinidade dos solos salinos, comumente, promove-se a lixiviação mediante a aplicação de corretivos e água, no entanto, esta prática pode ser pouco eficiente em regiões que não disponham de água em qualidade e em quantidade satisfatórias. Alternativamente, o uso do silício como amenizador dos efeitos da salinidade no crescimento das plantas parece viável e decorre dos resultados obtidos por Bradbury e Ahmad (1990) com algaroba (*Prosopis juliflora*), Liang et al. (1996) com cevada e por Matoh, Kairusmee e Takahash (1986) com arroz. Os autores citados demonstraram que a aplicação deste elemento aumentou a produção de matéria seca, a assimilação de CO₂, a relação K/Na e os teores foliares de K⁺ em plantas sensíveis e tolerantes à salinidade.

Apesar do exposto, o cultivo desta espécie é insignificante no semi-árido brasileiro, devido à falta de dados quanto às suas exigências nutricionais e ao seu manejo.

Estudos sobre seu comportamento em relação à salinidade são de relevante importância, uma vez que sua área de ocorrência abrange as regiões mais secas do país e de maior incidência de solos afetados por sais. Por outro lado o emprego do silício para reduzir o estresse salino sobre seu crescimento poderá se transformar numa alternativa aos métodos tradicionais de recuperação e uso de solos salinos.

Portanto, é razoável admitir que os solos afetados por sais, notadamente aqueles cuja recuperação por métodos tradicionais seja inviável econômica ou tecnicamente, possam ser reincorporados ao sistema produtivo da região Nordeste, adotando-se técnicas alternativas e espécies vegetais de múltiplo uso e que respondam à aplicação do mesmo.

Objetivou-se neste trabalho avaliar a capacidade do silício em amenizar os efeitos do cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de moringa cultivadas em solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Foram empregadas sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) para produção das plantas em vermiculita. Cinco dias após a germinação, foram transferidas para bandejas de plástico com 30 L de capacidade, onde permaneceram por 10 dias em solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) a 1/5 da força iônica original. Após

este período de adaptação, as plantas foram transferidas para vasos plásticos com capacidade para 3 L, com solução de Hoagland e Arnon (1950), com 1/2 da força iônica original, à qual aplicaram-se NaCl e SiO₂ (Na₂SiO₃). O Na adicionado através do Na₂SiO₃ foi subtraído dos níveis originais de NaCl. A solução, que era renovada a cada 10 dias, foi mantida com pH 6,5, apresentava os nutrientes nas seguintes concentrações: N-7,5; P-0,5; K-3,0; Ca-2,0; Mg-1,0 e S-1,0 (mol m⁻³); B-23,3; Cu-0,3; Fe-16,0; Mn-4,5; Mo-0,05 e Zn-0,4 (mmol m⁻³). Durante a condução do experimento, a casa-de-vegetação apresentava a umidade relativa entre 50 e 70%; temperatura entre 18 e 28 °C; e luminosidade de 2000 μmol de fótons s⁻¹ m⁻².

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial (5x4), com 3 repetições sendo a parcela constituída por uma planta por vaso. O primeiro fator referiu-se às concentrações de NaCl (0; 30; 60; 90; e 120 mol m⁻³) e o segundo às concentrações de SiO₂ (0; 0,5; 1,0; e 1,5 mol m⁻³). As plantas foram coletadas aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos, separadas em folhas, caule e raízes e secas em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até atingirem peso constante. Em seguida, determinou-se a produção de matéria seca e procedeu-se a moagem do material para fins de análises químicas. No extrato obtido por digestão nítrico-perclórica, foram determinados os teores de P por colorimetria; Ca, Mg por espectrofotometria de absorção atômica;

K e Na por fotometria de chama de emissão; e S por turbidimetria do sulfato de bário (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl (LIAO, 1981), sendo a destilação e a titulação realizadas segundo Bremner e Edwards (1965). Os teores de cloro por titulometria do nitrato de prata (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997) e os de silício pelo método colorimétrico do azul-de-molibdênio (FURLANI; GALO, 1978). A partir dos teores, foi determinado o acúmulo dos macronutrientes, sódio, cloro e silício, com base na matéria seca produzida.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: acúmulo de matéria seca nas folhas, caule, raízes e o acúmulo total; e o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl e Si nas folhas, caule e raízes. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão cujas equações foram ajustadas às médias em função dos fatores isolados ou da interação entre os mesmos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre o NaCl e o SiO₂ foi significativa quanto à produção de matéria seca das folhas, caule e total. Na ausência do silício o acúmulo de matéria seca nas folhas aumentou até 18,6 mol m⁻³ de NaCl, enquanto na presença de SiO₂, independente da dose aplicada, decresceu, mostrando que o silício não reduziu os efeitos depressivos do NaCl (Figura 1a), contrariamente aos dados encontrados por Bradbury e Ahmad

(1990) em plantas de algaroba. O evidente efeito depressivo do NaCl obtido nesse estudo está de acordo com Yeo, Caporna e Flowers (1985), segundo o qual o efeito mais comum da salinidade é no crescimento vegetal devido à redução da área foliar e, conseqüentemente, da fotossíntese.

O acúmulo de matéria seca no caule e o acúmulo total, na ausência do silício,

aumentaram, com o NaCl, até 41,6 e 25,8 mol m⁻³ de NaCl, respectivamente (Figuras 1b, d). Aplicando-se 1,0 mol m⁻³ de SiO₂, tendeu a aumentar até o nível de 33,5 e 10,5 mol m⁻³ de NaCl, e a reduzir linearmente nos demais níveis de silício, em ambos os componentes. Nas raízes, apenas o NaCl influenciou esta variável, provocando redução linear (Figura 1c).

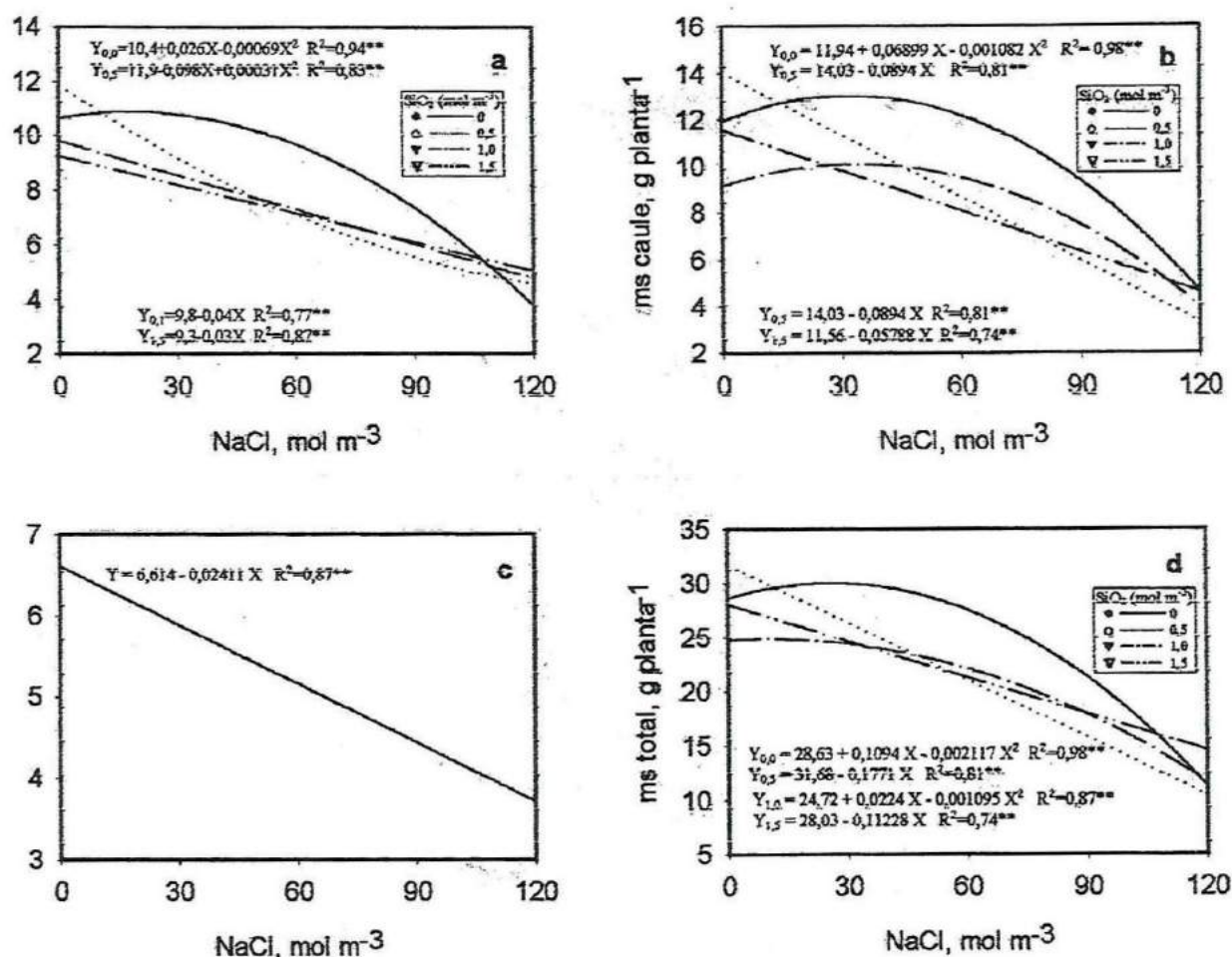


Figura 1 – Acúmulo de matéria seca pelas folhas (a), caule (b), raízes (c) e acúmulo total (d), em função do NaCl e do SiO₂.

Os dados mostraram que o silício não reduziu os efeitos do estresse salino na produção de matéria seca das plantas de moringa, contrariamente ao observado por Matoh, Kairusmee e Takahashi (1986), Bradbury e Ahmad (1990) e Liang et al. (1996).

De modo geral, aceita-se como razoável que a habilidade das plantas em tolerar excesso de sais envolve, além do crescimento celular, a manutenção do transporte de íons durante o crescimento, um equilíbrio entre o potencial osmótico e a expansão celular (ZIMMERMAN, 1978). Elevados níveis de sais perturbam este equilíbrio nas plantas glicófitas e, em consequência, reduzem substancialmente o crescimento e a expansão celulares, embora as taxas de transporte de íons mantenham adequado turgor. Mas, de acordo com Benzil et al. (1989), não se pode excluir a possibilidade de ser a restrição à expansão celular um ajustamento necessário em ambientes ricos em sais.

O acúmulo de nitrogênio nas folhas apresentou tendência semelhante ao acúmulo de matéria seca. Na ausência do silício, aumentou até $26,7 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, enquanto nos demais níveis decresceu linearmente (Figura 2a). No caule, na ausência do silício ou com $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , o N acumulado aumentou até $41,9$ e $45,7 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, respectivamente, mas decresceu linearmente nos demais níveis de silício (Figura 2b), embora se deva ressaltar que os valores mais altos foram verificados nas plantas que receberam $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 nas menores doses de NaCl. Nas raízes, o acúmulo decresceu linearmente com o NaCl na

ausência ou com $0,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , e apresentou ajuste quadrático com $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , com acúmulo mínimo em $69,9 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 2c).

O efeito da salinidade sobre o acúmulo de N depende da fonte empregada. O NaCl inibe significativamente a absorção de N-NO_3^- , mas não a de N-NH_4^+ . O estresse salino aumenta a afinidade do carregador pelo amônio e reduz pelo nitrato, embora não haja evidência de competição entre estes íons (BOTELLA; CERDÁ; LIPS, 1994; BOTELLA et al., 1997). Considerando, portanto, que o N-NO_3^- foi a forma predominante nas soluções utilizadas no presente estudo, pode-se inferir que a redução no acúmulo de N pelas plantas de moringa deveu-se aos efeitos depressivos do Cl^- sobre a absorção do NO_3^- .

O acúmulo de P nas folhas decresceu linearmente com o NaCl, na ausência do silício ou com $1,0$ e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , enquanto, aplicando-se $0,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , houve incremento até o nível de $48,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 2d). No caule e nas raízes (Figuras 2e, f), os maiores acúmulos foram verificados na ausência do silício, ocorrendo acúmulos máximos em $49,1$ e $52,6 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, respectivamente. Nos demais níveis, observaram-se reduções lineares do acúmulo de P pelo NaCl, semelhante ao que ocorreu nas folhas.

De modo geral, os menores acúmulos de P ocorreram nos maiores níveis de NaCl, independentemente do componente da planta considerado, devido, provavelmente, ao efeito depressivo da salinidade sobre a produção de matéria seca pelas plantas.

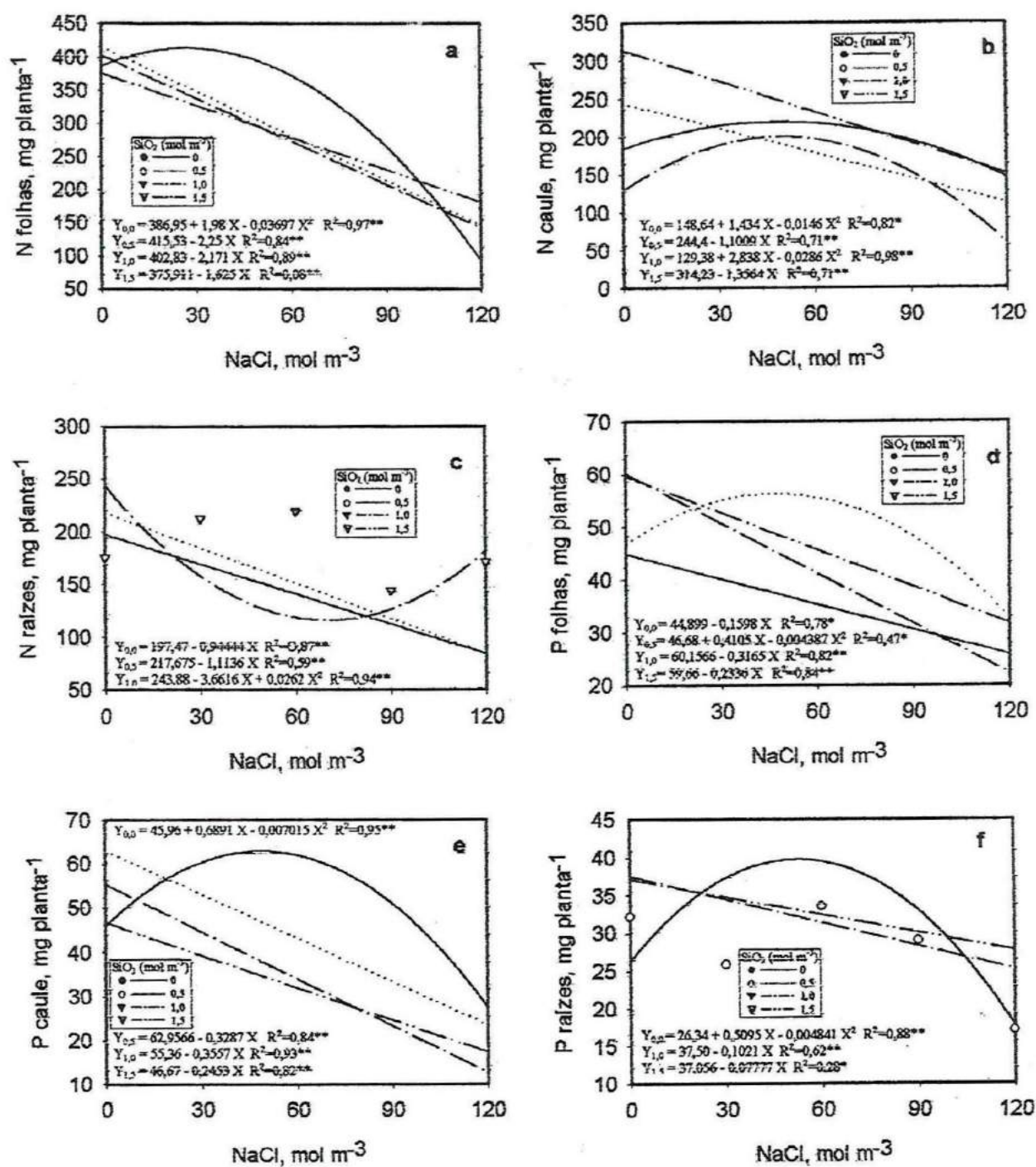


Figura 2 – Acúmulo de N (a, b, c) e P (d, e, f) nas folhas, caule e raízes, em função do NaCl e do SiO₂.

O acúmulo de K nas folhas decresceu linearmente com o NaCl, omitindo-se ou aplicando-se $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , e apresentou valores mínimos em $99,6$ e $94,7 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, aplicando-se $0,5$ e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , respectivamente (Figura 3a). No caule, observou-se redução linear com o NaCl, apenas na ausência do silício. Ao se aplicar $0,5$; $1,0$ e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , o acúmulo foi mínimo em $135,2$, $136,9$ e $88,0 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 3b), verificando-se, ainda, que as quantidades acumuladas de K foram, de modo geral, menores quando se aplicou o silício. Nas raízes, o NaCl, contraditoriamente, favoreceu o acúmulo de K até o nível de $47,2 \text{ mol m}^{-3}$ do sal (Figura 3c).

Nas diversas partes analisadas das plantas, o acúmulo de Ca (Figuras 3d, e, f) e de Mg (Figuras 4a, b, c) apresentou tendência semelhante àquela observada com o potássio. Decresceu linearmente pelo NaCl na ausência do silício, e teve seu efeito depressivo acentuado pela aplicação deste.

O efeito depressivo do NaCl na absorção de nutrientes catiônicos, verificado no presente trabalho, está de acordo com os dados disponíveis na literatura (GÜNES; INAL; ALPASLAN, 1996; BALLESTEROS et al., 1997; DAVENPORT; REID; SMITH, 1997 e YAHYA, 1998), enquanto que o efeito do SiO_2 ou a ausência dele não encontra respaldo na literatura, pois, conforme afirmam Liang et al. (1996), este elemento já se mostrou capaz de reduzir os efeitos tóxicos do NaCl na produção de matéria seca de algumas espécies vegetais, através da redução na permeabilidade da membrana ao Na, e, por consequência, sua competição com o K e o Ca.

O acúmulo de S foi influenciado pela interação entre o NaCl e o SiO_2 . Nas folhas decresceu linearmente com o NaCl e com $1,0$ e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , ajustando-se à regressão quadrática com 0 e $0,5 \text{ mol m}^{-3}$ de silício. Na sua ausência, as plantas apresentaram acúmulo máximo a $39,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 4d). O efeito do silício sobre o acúmulo de S no caule foi mais nítido, tendendo a acentuar os efeitos do NaCl, tanto que, na sua ausência, o acúmulo foi crescente até $62,3 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, e quando se forneceu $0,5$ e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , decresceu linearmente (Figura 4e). As raízes foram responsáveis pelos maiores acumulos de S, aumentando até $55,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl sem silício, decrescendo linearmente com $0,5 \text{ mol m}^{-3}$, e aumentando com $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 . Constituiu-se, assim, no único caso em que o silício foi favorável ao acúmulo do referido nutriente nas raízes (Figura 4f).

O padrão de acúmulo de sódio foi bastante semelhante entre as partes avaliadas. Os maiores valores ocorreram na ausência do silício, independentemente do componente considerado, e em concentrações semelhantes de NaCl. Nas folhas, caule e raízes os maiores acúmulos ocorreram ao nível de $68,3$, $69,2$ e $69,2 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figuras 5a, b, c). De modo geral, as plantas acumularam as menores quantidades de Na, com o aumento na concentração de SiO_2 na solução de cultivo, podendo-se afirmar, portanto, que o silício foi efetivo em diminuir o acúmulo do Na em todas as partes da planta, sendo mais efetivo nas folhas e caule, o que confirma os resultados obtidos por Liang et al. (1996).

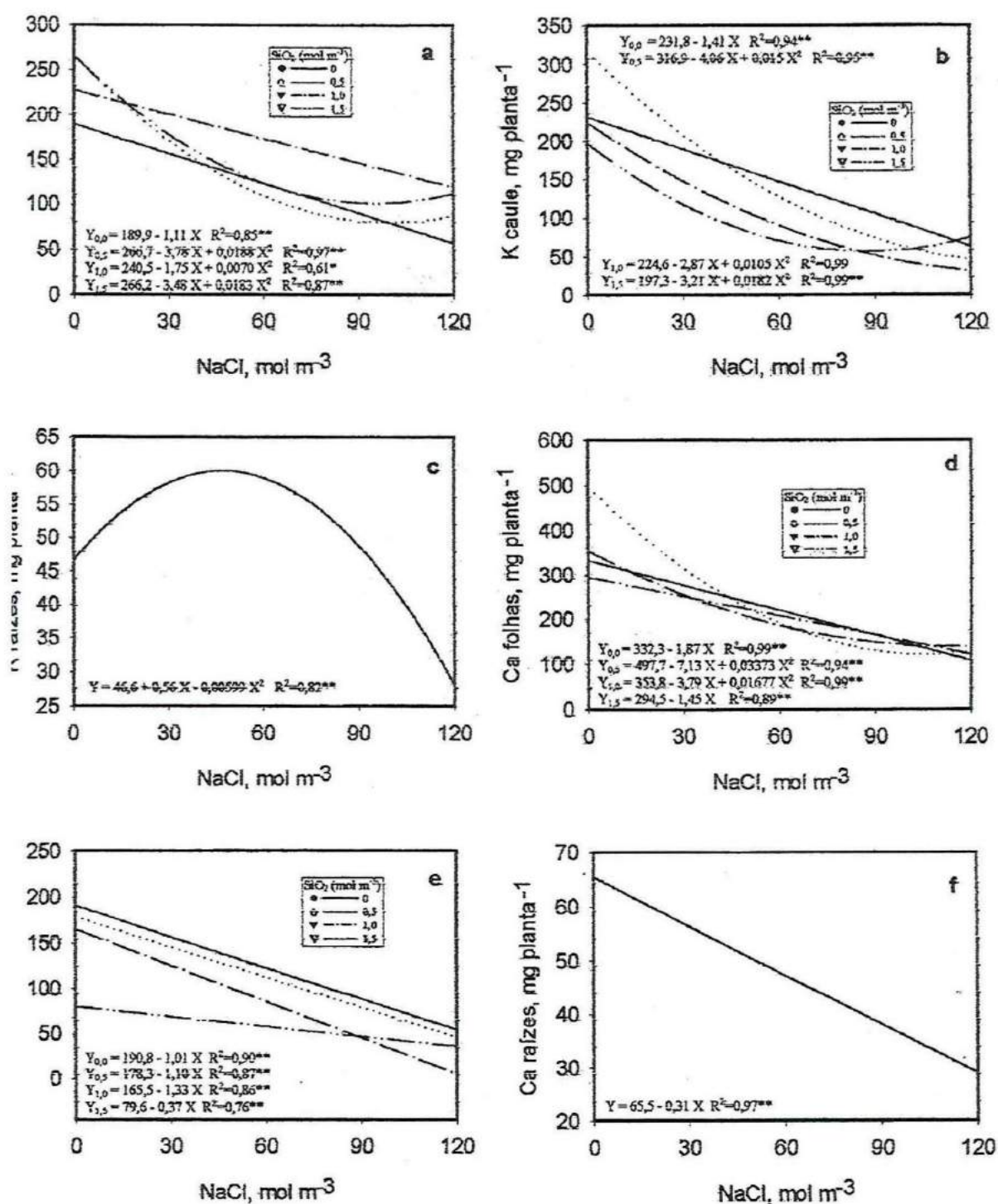


Figura 3 – Acúmulo de K (a, b, c) e Ca (d, e, f) nas folhas, caule e raízes, em função do NaCl e do SiO₂.

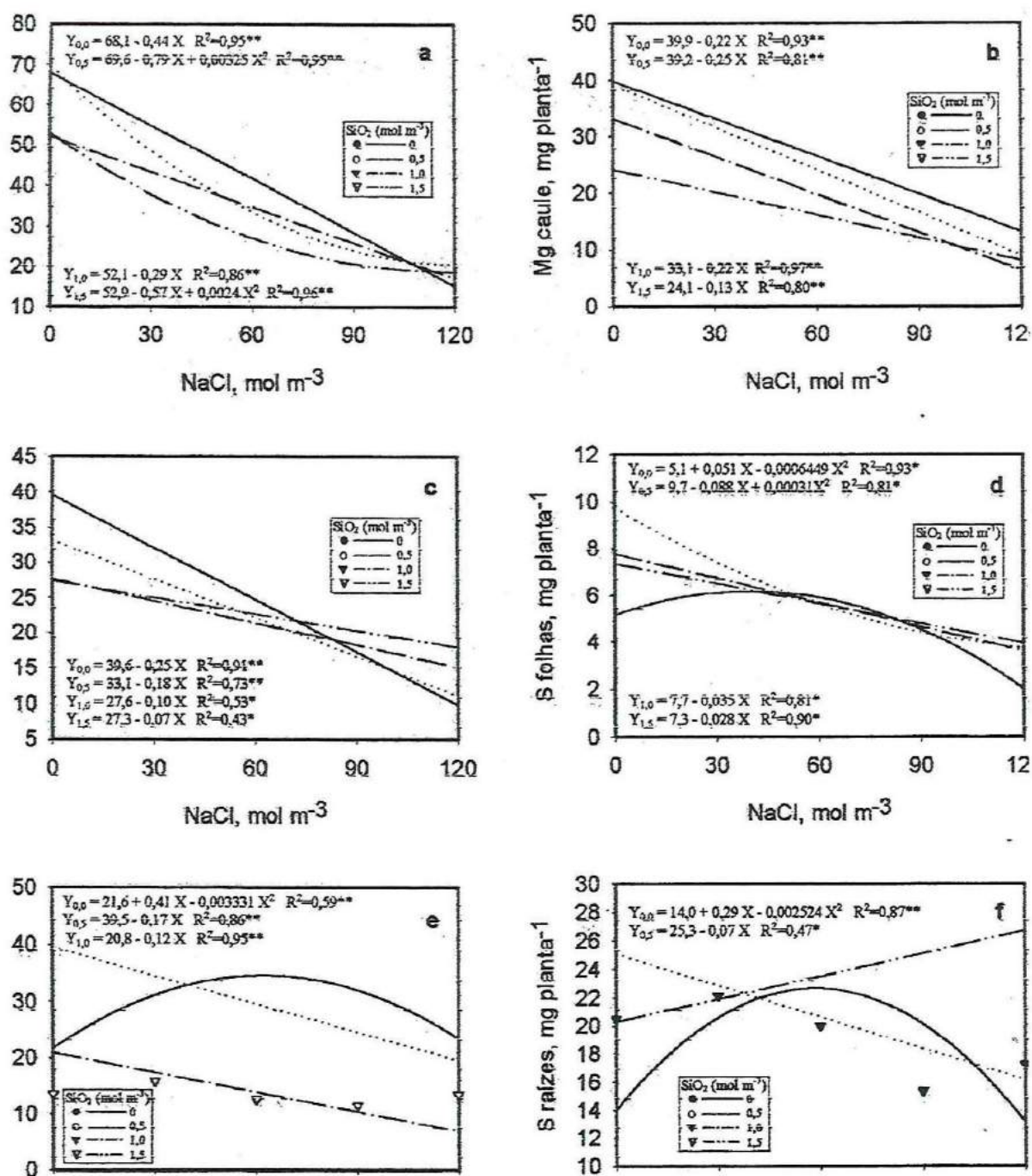


Figura 4 – Acúmulo de Mg (a, b, c) e S (d, e, f) nas folhas, caule e raízes, em função do NaCl e do SiO₂.

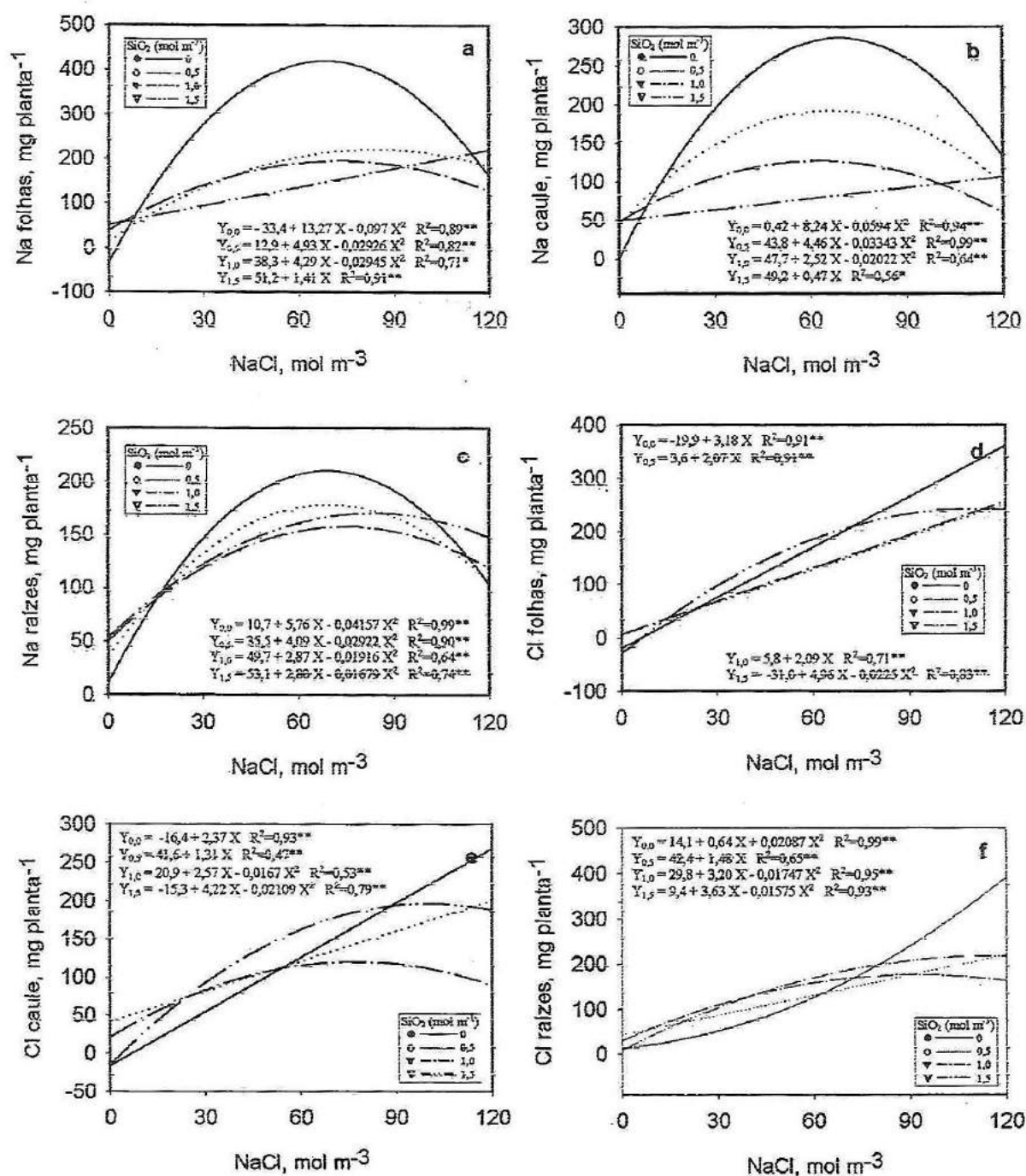


Figura 5 – Acúmulo de Na (a, b, c) e Cl (d, e, f) nas folhas, caule e raízes, em função do NaCl e do SiO₂.

Houve interação entre os fatores estudados e influência desta no acúmulo de cloro. Aumentou de maneira distinta nas diferentes partes das plantas, com o NaCl aplicado. Nas folhas estes aumentos foram mais discretos. Com 0,5 ou 1,0 mol m⁻³ de SiO₂ os aumentos foram lineares, embora menos intensos do que com 0,0 e 1,5 mol m⁻³ de SiO₂, decrescendo a partir de 110,3 mol m⁻³ de NaCl neste último nível (Figura 5d). No caule, a ausência ou a adição de 0,5 mol m⁻³ de SiO₂ permitiu aumentos lineares, sendo estes incrementos menos intensos com o silício. Com a aplicação de 1,0 e 1,5 mol m⁻³ de silício, o acúmulo de cloro foi decrescente a partir de 100,1 e 77,1 mol m⁻³ de NaCl, respectivamente, podendo-se ressaltar que a aplicação de 1,0 mol m⁻³ de SiO₂ provocou o menor acúmulo apesar da mais alta concentração de NaCl na solução (Figura 5e). Nas raízes, o acúmulo de cloro foi semelhante ao longo das doses de sal e de silício, porém, aplicando-se silício, os acúmulos foram menores nas mais elevadas concentrações de NaCl; decresceram a partir de 91,7 e 115,1 mol

m⁻³ de NaCl, com 1,0 e 1,5 mol m⁻³ de SiO₂, respectivamente (Figura 5f).

O acúmulo de silício nas folhas e no caule foi influenciado pela interação entre NaCl e SiO₂, e nas raízes pelos fatores isoladamente (Figuras 6a, b, c). Na ausência do silício, seu acúmulo nas folhas e caule decresceu com o NaCl, sendo este decréscimo mais intenso nas folhas (Figuras 6a, b). A adição de 0,5 mol m⁻³ de SiO₂ estimulou o acúmulo em ambos os componentes vegetativos, atingindo valores máximos em 42,7 e 53,3 mol m⁻³ de NaCl nas folhas e caule, respectivamente. Com 1,0 mol m⁻³ de SiO₂, seu acúmulo decresceu linearmente com o NaCl, enquanto com 1,5 mol m⁻³, atingiu valores mínimos a 77,2 e 86,8 mol m⁻³ de NaCl nas folhas e caule, respectivamente. Diante dos dados, pode-se inferir que o efeito estimulante do SiO₂ no acúmulo de silício foi mais pronunciado no caule, independentemente das suas concentrações na solução (Figuras 6a, b). Nas raízes, houve redução linear em função do NaCl e tendência quadrática em função do SiO₂, com acúmulo mínimo a 0,65 mol m⁻³ de NaCl (Figuras 6c, d).

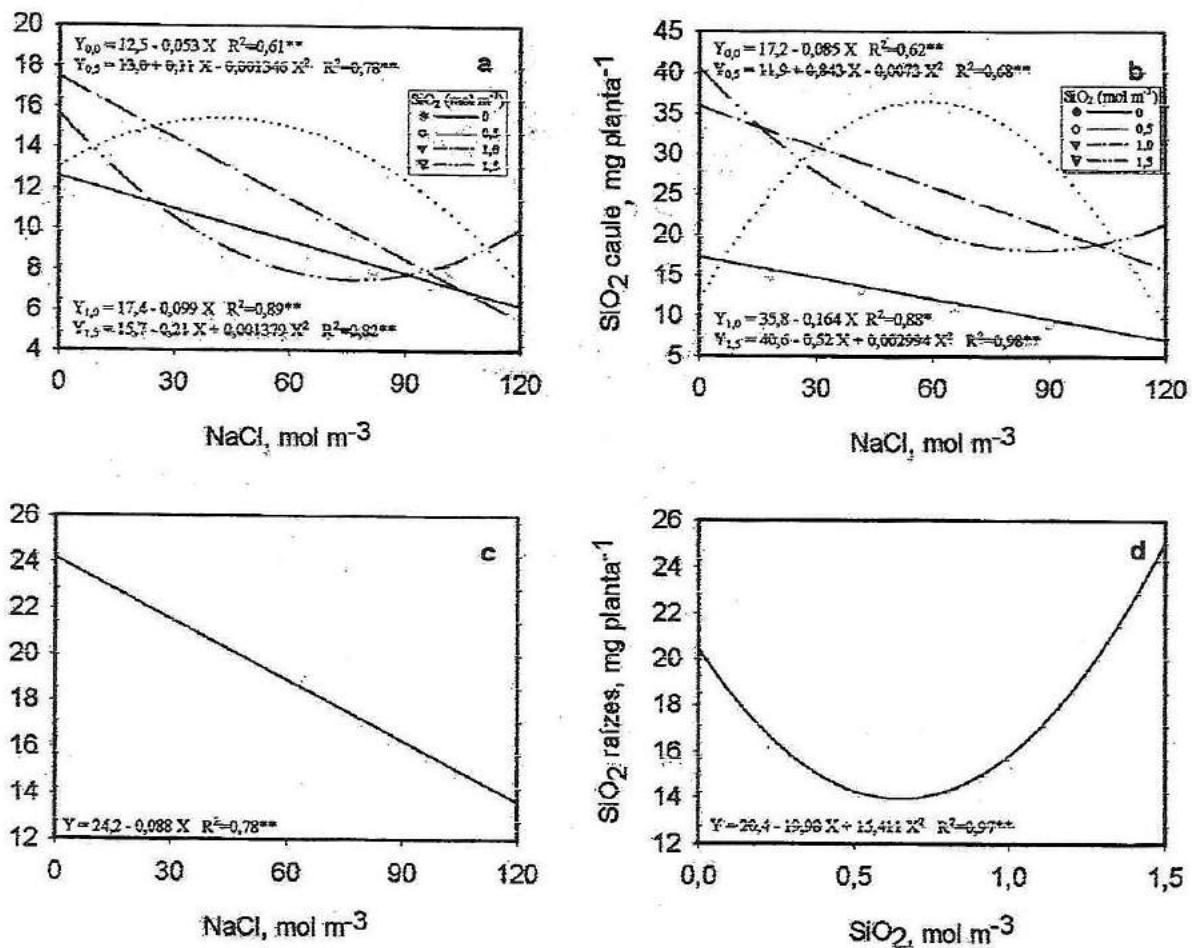


Figura 6 – Acúmulo de SiO_2 nas folhas (a), no caule (b) e nas raízes (c, d), em função do NaCl e do SiO_2 .

4 CONCLUSÃO

A habilidade do silício em amenizar os efeitos negativos do NaCl foi comprovada em relação ao acúmulo de K, nas folhas, e de Na em todos os componentes das plantas de moringa, mas não se confirmou em relação ao acúmulo de N, P, Ca e Mg, e ainda anulou o efeito estimulante que as baixas concentrações do sal exerceram sobre a produção de matéria seca.

REFERÊNCIAS

- BALLESTEROS, E.; BLUMWALD, E.; DONAIRE, J.P.; BELVER A. Na^+/H^+ antiport in tonoplast vesicles isolated from sunflower roots induced by NaCl stress. *Physiologia Plantarum*, v.99, p.328-334, 1997.
- BENZIL, M. L.; HASEGAWA, P. M.; HANDA, A. K.; BRESSAN, R. A. Adaptation of tobacco cells to NaCl . *Plant Physiology*, v. 79, n.1, p.118-125, 1989.

- BOTELLA, M.A.; CERDÁ, A.; LIPS, S.H. Kinetics of NO_3^- and NH_4^+ uptake by wheat seedlings. Effect of salinity and nitrogen source. *Journal Plant Physiology*, v.144, p.53-57, 1994
- BOTELLA, M.A.; MARTÍNEZ, V.; NIEVES, M.; CERDÁ, A. Effect of salinity on growth and nitrogen uptake by wheat seedlings. *Journal Plant Nutrition*, v.20, n.6, p.793-804, 1997.
- BRADBURY, M.; AHMAD, R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* in saline soil. *Plant and Soil*, v.125, n.1, p.71-74, 1990.
- BREMNER, J.M.; EDWARDS, A.P. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. *Soil Science Society American Proceedings*, v. 29, p. 504-507, 1965.
- BROETTO, F. *Efeito de estresse salino e biológico sobre o metabolismo de calos e suspensão de células de feijão (Phaseolus vulgaris L.)* 1995. 124p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRON, L. M.; AVILÉS, O.; PACHECO, G. *Moringa oleifera* (Moringaceae): Ethnobotanical Studies In Guatemala. *Economic Botany*, v. 45, n. 4, p.522-523, 1991.
- CHEESEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology*, v.87, n. 4, p. 547-550, 1988.
- DAVENPORT, R.J.; REID, R.J.; SMITH, F.A. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. *Physiologia Plantarum*, v. 99, p. 323-327, 1997.
- FROMMER, W.B.; LUDEWIG, U.; RENTSCH, D. Taking transgenic plants with a pinch of salt. *Science*, v. 285, p. 1222-1223, 1999.
- FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Determinação de silício em material vegetal, pelo método colorimétrico do “Azul-de-molibdênio”. *Bragantia*, v. 37, p. 5-9, 1978. (Nota Nº 2)
- GÜNES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, v. 19, n. 2, p. 389-396, 1996.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. *The water culture method for growing plants without soil*. Berkley: California Agriculture Experimental Station, 1950. 32p (Circular, 347).
- JAHN, S A. A. Traditional indonesian and ethiopia recipes for tree vegetables. *Entwicklung-ländlicher raun*, v. 1, p. 27-29, 1992
- JEFFREY, W. D.; IZQUIERDO, J. *Frijol: fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés*. Santiago: FAO, 1989. 91p.

- JESCKE, W. D.; WOLF, O. Effect of NaCl salinity on growth, development, ion distribution, and ion translocation in castor bean (*Ricinus communis* L.). *Journal Plant Physiology*, v. 32, n. 1, p. 45-53, 1988.
- LIANG, Y.; SHEN, Q.; SHEN, Z.; MA, T. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *Journal Plant Nutrition*, v. 19, n. 1, p. 173-183, 1996.
- LIAO, C.F.H. Devards alloy method for total nitrogen determination. *Soil Science American Journal*, v. 45, p. 852-855, 1981.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MATOH, T.; KAIRUSMEE, P.; TAKAHASHI, E. Salt-induced damage to rice plants and alternation effect on silicate. *Soil Science Plant Nutrition*, v.32, p.295-304, 1986.
- MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G.C. Acúmulo de matéria seca, macronutrientes e Na em plantas de (*Moringa oleifera*) submetidas ao estresse salino. In: FERTBIO 98, 1998, Caxambu. *Resumos...* Caxambu, 1998. p.56.
- MORTON, J. F. The Horseradish Tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) - A Boon To Arid Lands? *Economic Botanic*, v.45, p.318-333, 1991.
- PETER, K. V. Drumstick. A multipurpose vegetable. *Indian Horticulture*, p.17-18, 1979.
- YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, v.21, p.1439-1451, 1998.
- YEO, A.R.; CAPORNA, S.J.M.; FLOWERS, T.J. The effect of salinity upon photosynthesis in rice (*Oryza sativa*): gas exchange by individual leaves in relation to their salt content. *Journal Experimental Botany*, v.36, p.1240-1248, 1985.
- ZIMMERMAN, U. Physics of turgor and osmorregulation. *Annual Review Plant Physiology*, v.29, p.121-148, 1978.