



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
MESTRADO EM SISTEMAS AGROSILVOPASTORIS**

**EFEITO DO SILÍCIO, NITROGENIO E FÓSFORO NA NUTRIÇÃO MINERAL,
PRODUÇÃO E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DE BIOMASSA SECA DO
SORGO FORRAGEIRO SUBMETIDO À SALINIDADE (*Sorghum bicolor* L.)**

JAILSON LOPES DA PENHA

PATOS-PB

2005

**EFEITO DO SILÍCIO, NITROGENIO E FÓSFORO NA NUTRIÇÃO MINERAL,
PRODUÇÃO E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DE BIOMASSA SECA DO
SORGO FORRAGEIRO SUBMETIDO À SALINIDADE (*Sorghum bicolor* L.)**

JAILSON LOPES DA PENHA

**EFEITO DO SILÍCIO, NITROGENIO E FÓSFORO NA NUTRIÇÃO MINERAL,
PRODUÇÃO E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DE BIOMASSA SECA DO
SORGO FORRAGEIRO SUBMETIDO À SALINIDADE (*Sorghum bicolor* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande/ Campus de Patos-PB ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração Nutrição de Plantas no Semi-árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador:

Prof. Dr. José Romilson Paes de Miranda

PATOS – PB

2005

P399e Penha, Jailson Lopes da.

Efeito do silício, nitrogênio e fósforo na nutrição mineral, produção e qualidade bromatológica de biomassa seca do sorgo forrageiro submetido à salinidade (*sorghum bicolor* L.). / Jailson Lopes da Penha. - Patos - PB: [s.n], 2005.

54 f.

Orientador: Professor Dr. José Romilson Paes de Miranda.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

1. Cultura do sorgo. 2. Nutrição mineral - sorgo. 3. Adubação nitrogenada. 4. Adubação fosfatada. 5. Nitrogênio e fósforo - nutrição mineral. 6. Sorgo forrageiro. 7. Tolerância de plantas à salinidade. 8. Qualidade bromatológica - forrageiras. I. Miranda, José Romilson Paes de. II. Título.

CDU:633.17(043)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “EFEITO DO SILÍCIO, NITROGENIO E FÓSFORO NA NUTRIÇÃO MINERAL, PRODUÇÃO E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DE BIOMASSA SECA DO SORGO FORRAGEIRO SUBMETIDO À SALINIDADE (*Sorghum bicolor* L.)”

AUTOR: Jailson Lopes da Penha

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Romilson Paes de Miranda

CONCEITO:

Prof. Dr. José Romilson Paes de Miranda DEF/ CSTR/ UFCG
Presidente

Prof. Dr. Roberto Wagner Cavalcanti Raposo
1º Examinador

Prof. Dr. Antônio Lucineudo de Oliveira Freire DEF/ CSTR/ UFCG
2º Examinador

Patos, 30 de setembro de 2005.

Prof. Dr. José Romilson Paes de Miranda
Presidente

Ao meu avô Jerônimo Lopes de Figueredo, pela lição de vida.

Aos meus pais Francisco Elias da Penha e Gercina Maria Figueredo da Penha, não só esta obra, mas toda minha vida.

A minha esposa Michelline Silva Souto Lopes.

Aos meus irmãos Jean Carlos Lopes da Penha e Gerciana Fonseca Lopes.

Aos meus sobrinhos Giovana Ângelo da Fonseca Lopes e Joaquim Neto.

DEDICO

A minha avó Maria Conceição de Figueredo (*in memorian*)

Ao meu avô Elias Damião de Almeida (*in memorian*)

A minha avó Luzia Delmira de Andrade (*in memorian*)

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A minha família, por se fazer presente nos momentos mais difíceis da minha vida.

À Universidade Federal de Campina Grande/ CSTR/ Patos pela oportunidade e realização do curso de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao Professor José Romilson Paes de Miranda, pela amizade, dedicação e orientação durante o curso.

Aos Professores pelos ensinamentos transmitidos no decorrer do curso, em especial aos professores, Jacob, Aderbal, Rivaldo, Diércules, Moraes e Olaf.

Aos Professores Antônio Lucineudo de Oliveira Freire e Roberto Wagner Cavalcanti Raposo pelas sugestões apresentadas.

Às pessoas que fazem o Centro Sabiá, pelo apoio, compreensão e paciência.

Aos funcionários que fazem o CSTR, em especial, Mira, Romualdo, Otávio, Maria José, Severino e Gilvan.

Aos meus amigos, Viola, Dinaldo, Medeiros, Ezinho, Brígida, Alexandre, Tavinho, Julio César, Antônio Carlos, Leopoldo, Mano, Sara, Auxiliadora, Jordânia e Wirlândia.

SUMÁRIO

	Página
CAPITULO 1: Considerações gerais.....	1
1 Introdução geral.....	2
2 Referencial teórico.....	3
2. 1 Considerações gerais.....	3
2. 2 Efeito da salinidade no crescimento vegetal.....	4
2. 3 Tolerância das plantas à salinidade.....	5
2. 4 Efeito do nitrogênio e do fósforo nas plantas submetidas à salinidade.....	6
2. 5 Efeito da salinidade na qualidade bromatológica das forrageiras.....	7
2. 6 Caracterização do silício.....	7
2. 7 Caracterização da cultura do sorgo.....	8
3 Literatura citada.....	9
CAPITULO 2: Efeito do silício, nitrogênio e fósforo no crescimento e nutrição mineral do sorgo forrageiro (<i>Sorghum bicolor</i> L.) submetidas à salinidade.....	15
Resumo.....	16
Abstract.....	17
1 Introdução.....	18
2 Material e métodos.....	20
3 Resultados e discussão.....	21
4 Conclusões.....	25
5 Literatura citada.....	26

CAPITULO 3: Efeito do silício e do cloreto de sódio na produção e qualidade bromatológica de biomassa seca do sorgo forrageiro (<i>Sorghum bicolor</i> L.).....	32
Resumo.....	33
Abstract.....	34
1 Introdução.....	35
2 Material e métodos.....	37
3 Resultados e discussão.....	38
4 Conclusões.....	41
5 Literatura citada.....	42

CAPITULO 1
(Considerações Gerais)

1 INTRODUÇÃO

Os solos salinos são encontrados em regiões de clima árido e semi-árido, devido à baixa precipitação e à alta taxa de evapotranspiração que promovem o acúmulo dos sais em quantidades excessivas na superfície do solo, prejudicando o crescimento das plantas. As áreas afetadas pela salinidade vêm aumentando anualmente, em função do clima e de técnicas agrícolas inadequadas. Estima-se que no semi-árido brasileiro, incluindo o Norte de Minas Gerais (UFV, 1969), a área ocupada por solos pedogeneticamente salinos seja superior a 9×10^6 ha (Pereira et al, 1985). Nesses domínios morfoclimáticos, são encontrados Solonetz Solonizados, Planossolos Solódicos e Aluviais Salinos, sódicos ou não, com vegetação do tipo caatinga (Oliveira, 1997).

Este processo pode se estabelecer em ambientes anteriormente isentos de sais, em decorrência principalmente, do manejo inadequado do solo, do uso de água de má qualidade, e do emprego de fertilizantes com elevado índice salino (Oliveira, 1997).

O desenvolvimento de técnicas que permitam a integração destes solos ao sistema produtivo, poderá contribuir para aumentar a oferta de produtos de origem vegetal especialmente forragem e reduzir a demanda por produtos de origem vegetal, oriundos da caatinga.

Os dados disponíveis na literatura demonstram que o silício adicionado à solução nutritiva contendo NaCl, ou aplicado em solo salino, é capaz de reduzir os efeitos da salinidade sobre a nutrição e o crescimento de diferentes espécies de plantas, entretanto, estudos com espécies importantes para o semi-árido brasileiro, especialmente forrageiras, são escassos e extremamente necessários e urgentes.

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) apresenta grande potencial de produção de forragem na Região Nordeste, por sua capacidade de adaptação, tolerância à temperaturas elevadas e também por possuir características de xerofilia (Reis, 1992). Possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (Masojidek et al., 1991).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas regiões áridas e semi-áridas se encontram, mais freqüentemente, águas de qualidade restritiva para irrigação, que aumentam os riscos de salinização do solo. Por isso a salinidade constitui-se num sério problema nas áreas irrigadas no mundo. A qualidade da água, o método de irrigação, a drenagem deficiente e o manejo do solo e das culturas, contribuem mais diretamente para o agravamento do problema.

2.1 Considerações gerais

Atualmente, existem cerca de $2,37 \times 10^8$ ha irrigados no planeta, dos quais cerca de 3×10^7 estão severamente afetados por sais. Estima-se ainda em $1,5 \times 10^6$ ha a taxa anual de perdas de terras em virtude da elevação do lençol freático (FAO, 1993).

A baixa precipitação e a alta evaporação nas regiões áridas e semi-áridas são fatores que contribuem para a ocorrência de solos salinos e sódicos, os quais representam, em nível global, aproximadamente 900 milhões de hectares. Nessas condições, os sais não são lixiviados, acumulam-se no solo e na água em quantidades prejudiciais ao crescimento das plantas (Fageria & Gheyi, 1997).

De acordo com Rhoades & Laveday (1990) entre os sais mais freqüentes encontram-se $MgSO_4$, Na_2SO_4 e $NaCl$, seguido do Na_2CO_3 . Segundo Ferreira (1997), o $MgSO_4$ está presente em todos os solos salinos e, via de regra, em águas freáticas e lagos salinizados, e se constitui num dos mais tóxicos às plantas devido à sua elevada solubilidade. O $NaCl$, a exemplo dos anteriores, é encontrado com freqüência, é muito tóxico às plantas, mas é facilmente lixiviável mediante a aplicação de gesso. O Na_2CO_3 também é freqüente nos solos salinos e na água de irrigação, possui alta solubilidade em temperaturas mais elevadas e provoca forte alcalinidade no meio, após a hidrólise. Richards (1974), considera como potencialmente mais tóxicos os íons sódio, cloreto, bicarbonato e em alguns casos, o boro.

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 de melhoramento genético, confirmam às plantas tolerância à salinidade (Broetto, 1995). Entretanto, estudos sobre os efeitos da salinidade em espécies forrageiras, nativas ou exóticas, potencialmente capazes de reduzir o desequilíbrio na relação oferta/demanda dos seus produtos na região Nordeste, ainda são

escassos, podendo haver inúmeras alternativas de exploração destes solos a serem testadas. Há, portanto, necessidade de estudos que busquem alternativas, que tornem estes solos produtivos.

Exemplo disto é o emprego de amenizadores químicos da salinidade, conforme foi sugerido por Bradbury & Ahmad (1990), com algaroba (*Prosopis juliflora*), por Yeo et al. (1999), com arroz, por Miranda et al., (2002), com moringa (*Moringa olifera* LAM.), por Liang et al. (1996), Liang (1998), Liang (1999), et al. (2003), com cevada (*Hordeum vulgare* L.), e por Zhu et al. (2004), com pepino (*Cucumis sativus*). Os autores observaram a redução na concentração de Na e de Cl nos tecidos vegetais, aumento na concentração de K, Ca e Mg, redução na transpiração, e aumento na atividade dos sistemas enzimáticos, envolvidos no transporte seletivo de íons, e nas reações antioxidantes da membrana plasmática.

2. 2 Efeito da salinidade no crescimento vegetal

Ambientes secos ou salinos provocam redução no crescimento e na produção das plantas. De acordo com Jeffrey & Izquierdo (1989), os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais se caracterizam pela seca fisiológica, pelo desbalanço nutricional, e pelo efeito tóxico específico de alguns íons.

A produção de biomassa vegetal que depende do acúmulo de carbono pela fotossíntese, pode ser afetada pela salinidade (Munns & Termaat, 1986; Macler, 1988). A capacidade fotossintética de muitas espécies de plantas é inibida pelos efeitos da salinidade no fechamento estomático (Seemann & Critchley, 1985; Delfine et al., 1998), na resistência do mesófilo à difusão de CO₂ (Delfine et al., 1998), na eficiência da rubisco em fixar o carbono (Delfine et al., 1998), no sistema fotossintético devido o excesso de energia (Brugnoli & Bjorkman, 1992), e na desorganização estrutural da membrana plasmática (Flowers et al., 1995; Delfine et al., 1998; Romero-Aranda, 1998).

Locy et al. (1996) cultivaram células de plantas de tabaco adaptadas e não adaptadas à salinidade, em solução contendo NaCl e observaram, entre outras mudanças, elevação nos teores de clorofila, redução no nível de amido, alterações na estrutura dos cloroplastos, aumento na estrutura das membranas dos tilacóides, aumento na taxa de produção de O₂, fixação de CO₂ e da fosforilação oxidativa. As últimas mudanças se devem, aparentemente,

ao fato de que as membranas dos tilacóides das células adaptadas contém maiores níveis de fotossistemas I e II associados à proteínas, bem como componentes da ATP-ase. As células adaptadas contém níveis imunologicamente detectáveis de ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase, enquanto que as não adaptadas são completamente desprovidas destas. Plantas regeneradas a partir de células de plantas tolerantes à salinidade possuem cloroplastos cuja fixação de CO₂ e produção de O₂ são menos afetada pelos sais. Em plantas de fumo o estresse salino reduz o crescimento, especialmente das raízes, e a atividade da redutase do nitrato, independentemente das fontes de N utilizadas (Sweby et al., 1994). Em feijoeiro, os teores de proteínas diminuem significativamente. A baixa taxa de incorporação de aminoácidos em proteínas, ou a redução dos níveis de polirribossomos, pelo estresse salino podem ser considerados os responsáveis pela redução da síntese protéica. Por outro lado, plantas tolerantes acumulam maiores quantidades de prolina (Pessarakli et al., 1989).

De acordo com Richards (1974), plantas submetidas à salinidade apresentam, geralmente, folhas com coloração azulada, decorrente do acúmulo de clorofila e recobrimento mais espesso da cutícula, embora a queima das folhas seja mais característica.

A adaptação das culturas aos solos salinos é fundamental para a sustentabilidade da agricultura e pecuária. Existem evidências crescentes de que os danos à membrana plasmática, induzidos pela tensão salina, estão relacionados ao aumento na produção de radicais livres de oxigênio (Liu et al., 1987; Hernandez et al., 1993; Singha & Choudhuri, 1990). A salinidade reduz a atividade da superóxido dismutase (SOD) e da catalase (CAT) (Hernandez et al., 1993; Singha & Choudhuri, 1990), enquanto o malondialdeído (MDA) se acumula rapidamente (Fadzilla et al., 1997; Hernandez et al., 1993; Lutts et al., 1996) resultando no aumento da permeabilidade da membrana plasmática.

2.3 Tolerância das plantas à salinidade

De modo geral as plantas se adaptam a altas concentrações salinas pelo abaixamento do potencial osmótico dos seus tecidos, com aumento na absorção dos solutos Na⁺ e Cl⁻ (Flowers et al. (1977). Entretanto, em espécies menos tolerantes, o crescimento é inibido pelo efeito tóxico destes solutos (Broetto, 1995). Nas plantas tolerantes o acúmulo de Na⁺ é mantido em níveis significativamente mais baixos do que nas plantas sensíveis (Torello & Rice, 1986).

De acordo com Greenway & Munns (1980), as plantas respondem à salinidade através da exclusão ou inclusão de sódio, podendo apresentar efeito adaptativo ou não. Plantas halófitas e mesófitas mantêm o equilíbrio entre K^+ e Na^+ pela exclusão do último, ou por apresentarem um “turnover” mais rápido do K^+ . Em plantas inclusoras, o ajustamento osmótico pode ser promovido pelo Na^+ . Em plantas tolerantes exclusoras, o ajustamento osmótico ocorre também através do acúmulo de substâncias osmorreguladoras, como a glicinabetaína, sem que ocorra desequilíbrio de cargas elétricas no citoplasma (McCue & Hanson, 1990).

A tolerância ao estresse salino pode ser função do controle na aquisição e alocação de Na^+ pela planta, do ajustamento osmótico (Cheeseman, 1988), da compartimentação de sódio na célula, da presença de pequenas porções do citoplasma com alta mobilidade, distribuição e compartimentação dos íons (Lazorf & Cheeseman, 1986). Em espécies agrícolas, o aumento na concentração de cloreto de sódio na solução pode ser acompanhado pela elevação dos teores foliares de Na^+ e Cl^- , e redução dos teores de K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} (Araújo, 1994), embora o Na^+ em baixas concentrações possa favorecer a absorção do K^+ (Nimbalkar & Joshi, 1975; Paricha et al., 1975).

A absorção seletiva de íons está associada à ativação de H^+ -ATPase (Marschner, 1995). Parte da resposta da membrana plasmática à salinidade é o diferencial da resposta da ATPase ao estresse salino. As ATPases são proteínas transportadoras que hidrolisam o ATP para bombear prótons pela membrana (Sze, 1985; Serrano, 1989) e assim funciona para manter o gradiente eletroquímico (Palmgren & Harper, 1999). A atividade das bombas de prótons poderia influenciar a tolerância à salinidade por afetar o potencial da membrana e o gradiente de próton. Ambos os fatores podem afetar a absorção, exclusão e seqüestro de Na^+ e de outros íons de grande impacto na tolerância à salinidade.

Diversas plantas, acumulam compostos nitrogenados, quando são submetidas ao estresse salino, como mecanismo de manutenção da atividade metabólica (Broetto, 1995). As enzimas envolvidas na assimilação da amônia podem exercer papel importante na sobrevivência das plantas em ambientes salinos.

2. 4 Efeito do Nitrogênio e do Fósforo nas plantas sob salinidade

Além da exclusão e compartimentalização de íons dos sais, que são importantes mecanismos de tolerância a salinidade (Termaat et al., 1985), a nutrição mineral pode melhorar o crescimento e aumentar a produtividade das culturas agrícolas cultivadas nestas condições (Feigin, 1985; Gibson, 1988). O Nitrogênio (N) e o fósforo (P) modificaram os efeitos da salinidade sob o crescimento de plantas de trigo (Botella et al., 1993; Feigin, 1985; Gibson, 1988; Gupta & Singh, 1971; Soliman & Elkeiy, 1992) e de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Campbell et al., 1986; Wagenet et al., 1983).

2. 5 Efeito da salinidade na qualidade bromatológica das forrageiras

Sabe-se que os vegetais submetidos à salinidade, pelo excesso de íons de Na⁺ e Cl⁻, principalmente, sofrem desbalanço nutricional, que interfere nas qualidades bromatológicas, reduzindo os teores de proteína bruta, fibra bruta, digestibilidade e cinza, como foi observado por Muscolo et al., (2003), em capim kikuiu (*Pennisetum clandestinum* Hochst). Mas, na literatura ainda há uma vasta lacuna bibliográfica, quanto ao entendimento dos fenômenos envolvidos na interação entre a salinidade e a qualidade bromatológica das forrageiras.

2. 6. Caracterização do silício

Silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na superfície terrestre, contudo seu papel na biologia das plantas ainda é pouco compreendido embora alguns trabalhos têm tentado associar à atividades metabólicas ou fisiológicas (Lewin & Remann, 1969; Epstein, 1994). Embora o Si geralmente não seja listado entre os elementos essenciais para os vegetais superiores, é considerado benéfico ao crescimento, particularmente, das gramíneas e como amenizador de estresses bióticos e abióticos (Okuda & Takahashi, 1965; Epstein, 1994; Liang et al., 1994).

Alguns trabalhos mostraram que a tolerância à salinidade, de plantas como trigo (*Triticum aestivum*) (Ahmad et al. 1992), algaroba (*Prosopis juliflora*) (Bradbury & Ahmad, 1990), cevada (*Hordeum vulgare* L.) (Liang et al. 1996, 1999, Liang & Ding, 2002), moringa (*Moringa oleifera* LAM.) (Miranda et al. 2002), pode ser aumentada pela adição ao meio de cultivo de pequenas quantidades de Si solúvel. Em plantas de cevada submetidas à salinidade o Si diminuiu a permeabilidade da membrana plasmática das

células da folha (Liang et al., 1996, 1999), e melhorou, significativamente, a estrutura dos cloroplastos, com o desaparecimento das dobras da membrana e a desintegração do grana (Liang, 1998). O Si aumentou os teores de K e Ca e reduziu os de Na e Cl em plantas de moringa (Miranda et al., 2002). O Si também aumentou atividade da SOD na folha e diminuiu a peroxidação dos lipídios, induzida pelo sal, e estimulou a atividade da H⁺-ATPase nas membranas das raízes, sugerindo que o mesmo pode proteger a estrutura, integridade e funções da membrana plasmática de plantas de trigo (Liang et al., 1996, 1999). A excitação da H⁺-ATPase na membrana plasmática da raiz, pela adição do Si, foi responsável pelo aumento na absorção de K⁺, e redução na translocação de Na⁺ e Cl⁻ para parte aéreas das plantas de trigo submetidas à salinidade (Liang et al., 1999, Liang & Ding, 2002). Com adição de Si ao meio de cultivo, Liang et al. (2003) e Zhu et al. (2004) observaram aumento na atividade enzimática antioxidante e redução na peroxidação dos lipídios da membrana plasmática, de plantas de cevada e pepino, respectivamente, crescendo sob estresse salino.

2.7 Caracterização da Cultura do Sorgo

A cultura do sorgo apresenta grande potencial de produção de forragem na Região Nordeste, por sua capacidade de adaptação, tolerância a temperaturas elevadas e também por possuir características de xerofilia (Reis, 1992). A tolerante à salinidade envolve, além do crescimento, a manutenção e o equilíbrio entre o potencial osmótico e a expansão celular (Ayres & Westecot, 1991).

O sorgo é uma planta forrageira bastante utilizada para ensilagem, pelo fato de apresentar boa produtividade de massa e características nutricionais que possibilitam obter fermentação adequada (Zago, 1991). Embora presente, em média, valor nutritivo levemente inferior ao milho, o sorgo é mais tolerante à seca (Cummins, 1981; Lusk et al., 1984) e esse diferencial é importante para os sistemas de produção situados em regiões sujeitas a veranicos e que não dispõem de irrigação artificial.

3 LITERATURA CITADA

AHMAD, R.; ZAHEER, S. & ISMAIL, S. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Sci., 85: 43-50, 1992.

ARAÚJO, C. A. S. Avaliação de feijoeiros quanto a tolerância à salinidade em solução nutritiva. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 87p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

AYRES, R. S. & WESTECOT, D. W. Qualidade da água na agricultura. Campina Grande, UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 Revisado).

BOTELLA, M. A.; CERDA, A. C. & LIPS, S. H. Dry matter production, yield, and allocation of carbon-14 assimilates by wheat as affected by nitrogen source and salinity. Agron. J., 85: 1044-1049, 1993.

BRADBURY, M. & AHMAD, R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* growing in saline soil. Plant Soil, 125: 71-74, 1990.

BROETTO, F. Efeito de estresse salino e biológico sobre o metabolismo de calos e suspensão de células de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1995. 124p. (Tese - Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura)

BRUGNOLI, E. & BJORKMAN, O. Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal and non-stomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy. Planta, 187: 335–347, 1992.

CAMPBELL, W. F.; WAGENET, R. J. & RODRIGUEZ, R. R. Salinity, water management and fertility interactions on yield and fixation in snapbeans. Irrig. Sci., 7: 195–204, 1986.

CHEESEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plantas. Plant Physiol., 87: 547-550, 1988.

CUMMINS, D. G. Yield and quality change with maturity of silage-type sorghum fodder. Agron. J., 73: 988-990, 1981.

- DELFINE, S.; ALVINO, A.; ZACCHINI, M. & LORETO, F. Consequences of salt stress on conductance to CO₂ diffusion, Rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves, *Aust J Plant Physiol.*, 25: 395–402, 1998.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 91: 11-17, 1994.
- FADZILLA, N. M.; FINCH, R. P. & BURDON, R. H. Salinity, oxidative stress and antioxidant responses in shoot cultures of rice. *J. Exp. Bot.*, 48: 325-331, 1997.
- FAGERIA, N. K. & GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. F. (Ed.). *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 363-383.
- FAO. The state of food and agriculture (SOFA) 1993. Home Page da FAO na Internet, 1993. 48p.
- FERREIRA, P. A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. F. de. *Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada*. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 37-67. (Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26).
- FLOWERS, T. J.; TROKE, P. F. & YEO, A. R. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 28: 89-121, 1977.
- FLOWERS, T. J.; DUQUE, E.; HAJIBAGHERI, M. A. MCGONIGLE, T. P. & YEO, A. R. The effect of salinity on leaf ultrastructure and net photosynthesis of two varieties of rice: further evidence for a cellular component of salt-resistance. *New Phytol.*, 100: 37–43, 1995.
- FEIGIN, A. Fertilization management of crops irrigated with saline water. *Plant Soil*, 89: 285-299, 1985.
- GIBSON, T. S. Carbohydrate metabolism and phosphorus-salinity interaction in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil*, 111: 25-35, 1988.
- GREENWAY, H. & MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31: 149-190, 1980.

GUPTA, K. P. & SINGH, S. P. Effects of different rates of nitrogen on grain yield and yield attributes of dwarf varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Narma Valley. Ind. J. Agric. Sci., 41: 824-827, 1971.

HERNANDEZ, J. A.; CORPASS, F. J.; GOMEZ, M.; DEL RIO, L. A. & SEVILLA, F. Salt-induced oxidative stress mediated by active oxygen species in pen leaf mitochondria. Plant Physiol., 89: 103-110, 1993.

JEFFREY, W. D. & IZQUIERDO, J. Frijol: fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés. Santiago, FAO, 1989. 91p.

LAZORF, D. & CHEESEMAN, J. M. Sodium transport and compartmentation in *Spergularia marina*: partial characterization of a functional symplasm. Plant Physiol., 81: 742-747, 1986.

LEWIN, J. & REIMANN, B. E. F. Silicon and plant growth. Ann. Rev. Plant Physiol., 20: 289-304, 1969.

LIANG, Y. C.; MA, T. S.; LI, F. J. & FENG, Y. J. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils. Comm. Soil Sci. Plant Ann., 25: 2285-2297, 1994.

LIANG, Y. C.; SHEN, Q. R.; SHEN, Z. G. & MA, T. S. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. J. Plant Nut., 19: 173-183, 1996.

LIANG, Y. C. Effects of Si on leaf ultrastructure, chlorophyll content and photosynthetic activity in barley under salt stress. Pedosphere, 8: 289-296, 1998.

LIANG, Y. Effects of silicon on activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley salt stress. Plant Soil, 209: 217-224, 1999.

LIANG, Y. C. & DING, R. X. Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants. Sci. China (Series C), 45: 298-308, 2002.

LIANG, Y.; CHEN, Q.; LIU, Q.; ZHANG, W. & DING, R. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). J. Plant Physiol., 158: 1-8, 2003.

LIU, Y. L.; MAO, C. L. & WANG, L. J. Advances in salt tolerance in plants. *Comm. Plant Physiol.*, 23: 1-7, 1987.

LOCY, R. D.; CHANG, C.; NIELSEN, B. L. & SINGH, N. K. Photosynthesis in salt-adapted heterotrophic tobacco cells and regenerated plants. *Plant Physiol.*, 110: 321-328, 1996.

LUSK, J.W; KARAU, P.K. & BALOGO, D. O. Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. *J. Dairy Sci.*, 67: 1739-1744, 1984.

LUTTS, S.; KINET, J. M.; BOUHARMONT, J. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.*, 78: 389-398, 1996.

MACLER, B. A. Salinity effects on photosynthesis, carbon allocation, and nitrogen assimilation in the red alga, *Gelidium coulteri*. *Plant Physiol.*, 88: 690-694, 1988.

MARSCHNER, H. Part I. Nutritional Physiology. *In: Mineral Nutrition of Higher Plants*. Ed. H Marschner. p. 18-30, 313-363, 1995. Academic Press Limited, London. Second edition.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A. & HALL, D. O. The synergistic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. *Plant Physiol.*, 96: 198-207, 1991.

McCUE, K. F. & HANSON, A. D. Drought and salt tolerance: towards understanding and application. *Tibtech*, 8: 358-362, 1990.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O. BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M. & CALDAS, A. L. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca plantas de moringa (*Moringa oleifera* LAM.). *R. Bras. Ci. Solo*, 26: 957-965, 2002.

MUNNS, R. & TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity, *Aust. J. Plant Physiol.*, 13: 143-160, 1986.

MUSCOLO, A.; PANUCCIO, M. R. & SIDARI, M. Effects of salinity on growth, carbohydrate and nutritive properties of Kikuiu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst). *Plant Sci.*, 164: 1103-1110, 2003.

NIMBALKAR, J. D. & JOSHI, G. V. Effect of increasing salinity on germination, growth and mineral metabolism of sugarcane var. Co 740. *J. Biol. Sci.*, 18: 55-63, 1975.

OLIVEIRA, M de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. F. de. Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 1-35. (Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26)

OKUDA, A. & TAKAHASHI, E. The role of silicon. *In: The Mineral Nutrition of the Rice Plant*, p. 123-146. Proc. Symposium of the International Rice Research Institute. Johns Hopkins Press. Baltimore, MD, 1965.

PALMGREN, M. G. & HARPER, J. F. Pumping with plant P-type ATPases. *J. Exp. Bot.*, 50: 883-893, 1999.

PARICHA, P. C.; PATRA, G. J. & SAHOO, P. Effect of syntetic sea water on growth and chemical composition of rice at different stages of development. *J. Ind. Soc. Soil Sci.*, 23: 344-48, 1975.

PEREIRA, J. R.; VALDIVIESO, C. R. & CORDEIRO, G. G. Recuperação de solos afetados por sais através do uso do gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1985. p. 85-105.

PESSARAKLI, M., HUBER, J. T. & TUCKER, T. C. Protein syntesis in green beans under salt stress with two nitrogen sources. *J. Plant Nut.*, 12: 1361-1377, 1989.

REIS, O. V. Seleção de linhagens de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tolerantes ao estresse hídrico em fase de plântula. 1992. 150 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

RHOADES, J.D. & LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, B. A & NIELSEN, D.R. eds. *Irigation of agriculture crops*, Madison, American Society of Agronomy, 1990. 1091-1936p. (Series Agronomy, 30)

RICHARDS, L. A Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6 ed. Mexico, Limusa, 1974. 160p.

ROMERO-ARANDA, R.; MOYA, J. L.; TADEO, F. R.; LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E. & TALON, M. Physiological and anatomical disturbances induced by chloride salts in sensitive and tolerant citrus: beneficial and detrimental effects of cations. *Plant Cell Environ.*, 21: 1243-1253, 1998.

SEEMANN, J. R. & CRITCHLEY, C. Effect of salt stress on the growth, ion content, stomatal behavior, and photosynthetic capacity of a salt sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. *Planta*, 164: 151-162, 1985.

SERRANO, R. Structure and function of plasma membrane ATPase. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 40: 61-94, 1989.

SINGHA, S. & CHOUDHURI, M. A. Effect of salinity (NaCl) stress on H₂O₂ metabolism in *Vigna* and *Oryza* seedlings. *Biochem. Physiol. Pflanz*, 186: 69-74, 1990.

SOLIMAN, M. S. & ELKEIY, O. Z. The interactive effects of irrigation water salinity and N- and P-fertilization method on wheat production. *J. Agric. Sci.*, 17: 3093-3100, 1992.

SWEBY, D. L.; HUCKETT, B. I. & WALT, M. P. Effects of nitrogen nutrition on salt-stressed *Nicotiana tabacum* v. Samsun *in vitro* plantlets. *J. Exp. Bot.*, 45: 995-1008, 1994.

SZE, H. H-translocating ATPases: advances using membrane vesicles. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 36: 175-208, 1985.

TERMAAT, A.; PASSIORA, J. B. & MUNNS, R. Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl affected wheat and barley. *Plant Physiol.*, 77: 869-872, 1985.

TORELLO, W. A. & RICE, L. A. Effect of NaCl stress on proline and cation accumulation in salt sensitive and tolerant turfgrasses. *Plant Soil*, 93: 241-27, 1986.

WAGENET, R. J.; RODRIGUEZ, R. R.; CAMPBELL, W. F. & TURNER, D. L. Fertilizer and salty water effects on *Phaseolus*. *Agron. J.*, 75: 161-166, 1983.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Levantamento e Reconhecimento dos Solos da Bacia do Rio Gorutuba. Viçosa: UFV, 1969. 143p.

YEO, A. R.; FLOWRES, S. A.; RAO, G.; WELFARE, K.; SENANAYAKE, N. & FLOWERS, T. J. Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oriza sativa* L.) in saline

conditions and this is accounted for by a reduction in the transpirational by pass flow. *Plant Cell Environ.*, 22: 559-565, 1999.

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1991. p. 169-217.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN, Q. & YU, J. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Sci.*, 167: 527-533, 2004.

CAPÍTULO 2

EFEITO DO SILÍCIO, NITROGÊNIO E FÓSFORO NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* L.) SUBMETIDO À SALINIDADE

**SILÍCIO, NITROGÊNIO E FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E
NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* L.)
SUBMETIDO À SALINIDADE**

RESUMO

Realizou-se um experimento em telado de nylon do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, para avaliar os efeitos do silício, do nitrogênio e do fósforo na nutrição mineral e na produção de biomassa de plantas de sorgo submetidas ao estresse salino. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados seguindo esquema fatorial (2x2x3), com 4 repetições, e uma planta por vaso de 3 L de capacidade, os fatores corresponderam às doses de N (100 e 200 mg dm⁻³), de P (31 e 62 mg dm⁻³) e de Si (0, 14 e 28 mg dm⁻³) em solo, onde 10 dias após a germinação, receberam parceladamente em 1/3 as doses de N, de P e de Si, a cada três dias. Aos 60 dias após a germinação, as plantas foram coletadas, separada a parte aérea, seca em estufa a 70°C até peso constante, para determinação da produção de biomassa, e moída, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu e Na. Observou-se no tratamento que recebeu 62 mg dm⁻³ de P e 100 mg dm⁻³ de N, maior produção de biomassa da parte aérea do sorgo e elevação nos teores de P e K, e redução nos de Na e Ca.

EFFECT OF THE SILICON, NITROGEN AND MATCH IN THE GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF THE SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* L.) SUBMITTED TO THE SALINITY

ABSTRACT

Took place an experiment in telado of nylon of the Centro de Saúde e Tecnologia Rural of the Universidade Federal de Campina Grande, to evaluate the effects of the silicon, of the nitrogen and of the match in the mineral nutrition and in the production of dry mass of sorghum plants submitted to the saline stress. Being used the factorial outline and the delineamento of blocks casualizados, with four repetitions, and a plant for vase of 3 L of capacity, in that the first factor referred to the doses of Itself (0, 14 and 28 mg dm⁻³), the second the doses of N (100 and 200 mg dm⁻³) and the third party the doses of P (31 and 62 ppm), in soil, where 10 days after the germination, they received parceladamente in 1/3 of the doses from Itself, of N and of P every three days. To the 60 days after the germination, the plants were collected, separate the aerial part, dries, for determination of the production of dry mass, and moída, for determination of the tenors of N, P, K, Ca, Mg, Faith, Zn, Mn, Ass and Na. Observou-if in the treatment that received in the middle of cultivation 62 mg dm⁻³ of P and 100 mg dm⁻³ of N, larger production of dry mass of the aerial part of the sorghum and elevation in the tenors of P and K, and reduction us of In the. The addition of Itself to the soil didn't promote effect atenuador of the salinity the plants of sorghum forrageiro in these conditions.

1 INTRODUÇÃO

Os sais são geralmente comuns e necessários à composição, como nutrientes essenciais às plantas, até o nível de 4,5 dS/m, mas podem causar efeitos osmóticos e desequilíbrio iônico de nutrientes (Ali et al., 2001), afetando assim seu metabolismo por repressão ou indução de vários sistemas enzimáticos (Greenway & Munns, 1980).

O estresse salino é um dos fatores que mais limitam o crescimento e a nutrição mineral de plantas em regiões sujeitas à seca em função da redução do potencial osmótico no ambiente radicular, dos efeitos tóxicos de alguns íons sobre a absorção dos nutrientes e alguns processos biológicos. O efeito da salinidade sobre a absorção e acúmulo de nutrientes pelas plantas é variado e depende da espécie vegetal e do sal predominante na solução (Delgado et al., 1993). O excesso de sódio, dentre outros efeitos, reduz a absorção de P, K e Ca (Lynch & Läuchli, 1985; Cachorro et al., 1994; Batra & Dikshit, 1994; Satti et al., 1995; Porcelli et al., 1995; Günes et al., 1996; Ashraf & O'Leary, 1997; Ballesteros et al., 1997; Davenport et al., 1997; Yahya, 1998), desequilibra a distribuição de K, Ca, Mg e Na nas plantas (Wolf et al., 1991; Durand & Lacan, 1994; Janzen & Chang, 1987), com maior acúmulo do último nas folhas velhas e caules, afeta processos bioquímicos como a assimilação de N e CO₂ e a biossíntese de proteínas (Cusido et al., 1987), predominantemente nos primeiros estágios do crescimento vegetal (Hu et al., 1997; Bennet, 1994).

O Si não é considerado elemento essencial ou funcional para o crescimento das plantas. No entanto, o crescimento e a produtividade de algumas espécies, tais como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, aveia, trigo, milho, grama kikuyu, grama bermuda e algumas espécies não gramíneas, como alfafa, feijão, tomate, alface e repolho têm mostrado aumento de produtividade com a maior disponibilidade do elemento (Elawad & Green, 1979). A sílica dissolvida em solução na forma de H₄SiO₄, ocorre em função de um equilíbrio entre a fase sólida e a solução do solo, podendo variar de 1 a 200 mg dm⁻³ (Hopps et al., 1977).

O Si, depois do O₂, é o elemento mais abundante da crosta terrestre. Na solução do solo, é encontrado principalmente como sílica solúvel (ácido monossilícico, H₄SiO₄) sendo absorvido pelas plantas nesta forma (Epstein, 1994; Raven, 1983). Mesmo não sendo

considerado elemento essencial para sua absorção pode trazer inúmeros benefícios, principalmente nas espécies acumuladoras (Mengel & Kirkby, 1979).

O uso do Si melhora a arquitetura da planta e aumenta a fotossíntese (Deren et al., 1994), resultado da menor abertura do ângulo foliar, diminuindo o auto-sombreamento, sobretudo em condições de altas densidades populacionais e altas doses de N (Yoshida et al., 1962; Balastra et al., 1989). Além disso, promove o aumento da resistência da planta à incidência de doenças fúngicas, pela deposição na folha, nos tecidos da epiderme logo abaixo da cutícula, precisamente nas paredes celulares mais externas (Agarie et al., 1998), conferindo resistência mecânica à penetração das hifas (Barbosa Filho et al., 2001).

A correção da salinidade é feita tradicionalmente pela lixiviação dos sais através do perfil do solo, mediante o uso de corretivos. No entanto, estas práticas podem ser pouco eficientes em regiões que não disponham de água em quantidade e qualidade satisfatórias. Diante disto, Ahamd (1987), Bradbury & Ahmad (1990), Yeo et al. (1999), Liang et al. (1996), (1999), Liang & Ding (2002), Liang et al. (2003), Miranda et al. (2002), Zhu (2004), propõem o emprego do Si como alternativa aos métodos tradicionais de recuperação de solos salinos, pois tem conferido algum tipo de resistência aos efeitos deletérios da salinidade, evidenciado por resultados como, elevação da produção de matéria seca e assimilação de CO₂, aumentos dos teores foliares de K, Ca e Mg, diminuição de Na e Cl, e aumento na atividade enzimática antioxidativa e transportadora.

Além da exclusão e compartimentalização de íons dos sais, que são importantes mecanismos de tolerância a salinidade (Termaat et al., 1985), a nutrição mineral pode melhorar o crescimento e aumentar a produtividade das culturas agrícolas cultivadas nestas condições (Feigin, 1985; Gibson, 1988). O Nitrogênio (N) e o fósforo (P) modificaram os efeitos da salinidade no crescimento de plantas de trigo (Botella et al., 1993; Feigin, 1985; Gibson, 1988; Gupta & Singh, 1971; Soliman & Elkeiy, 1992) e de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Campbell et al., 1986; Wagenet et al., 1983).

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos do silício, do nitrogênio e do fósforo na nutrição mineral e crescimento de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) sob salinidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em telado de nylon do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, entre março e maio de 2003. Sementes de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) foram semeadas em solo, cujas características químicas estão descritas no quadro 1; acondicionado em vasos plásticos com capacidade 3 L, irrigado diariamente, aos quais foram aplicados os tratamentos, o SiO₂ (Na₂SiO₄), o N (NH₄NO₃), o P (KH₂PO₄) e o NaCl. O Na adicionado pelo Na₂SiO₄ foi subtraído do nível de NaCl aplicado. Para os demais nutrientes foi realizada uma adubação de correção empregando-se a solução de Hoagland & Arnon (1950) a 50% da concentração original.

Quadro 1. Atributos físicos e químicos do solo

Granulometria			pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	T	V
Areia	Silte	Argila									
----- (%) -----			CaCl ₂ 0,01 M	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- %		
44	40	16	5,0	16,2	7,8	2,2	0,4	0,5	2,6	13,5	80

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados seguindo esquema fatorial (2x2x3), com 4 repetições e uma planta por vaso. Os fatores corresponderam às concentrações de N (100 e 200g dm⁻³), P (31 e 62 g dm⁻³) e Si (0, 14 e 28 g dm⁻³), foram aplicados 45 mol m⁻³ de NaCl, em todos os vasos, para simular condutividade elétrica de 4,5 dS m⁻¹, aproximadamente. Aos 60 dias após a germinação das sementes, as plantas foram coletadas e separada a parte aérea, seca em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C até peso constante. Posteriormente foi determinada a produção de massa seca, procedendo-se, em seguida, a moagem do material para fins de análise química.

Avaliou-se na parte aérea a produção de massa seca e os teores de macro, micronutrientes e Na. No extrato obtido por digestão nítrico-perclórica foram determinados os teores de P por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por fotometria de chama de emissão (Malavolta et al., 1989). Os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl, (Liao, 1981), sendo a destilação e a titulação realizadas segundo Bremner & Edwards (1965). As variáveis

estudadas foram submetidas a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados mostrou que o Si exerceu efeito sobre os teores de K. A interação entre os níveis de N e P exerceu efeito sobre o acúmulo da massa seca da parte aérea e nos teores de P, K, Ca, Fe e Na, e a interação entre Si e N, nos teores de Fe e Cu.

A produção de massa seca do sorgo foi influenciada pela interação entre N e P. Observou-se que o aumento na disponibilidade de N, elevou a produção de massa seca no menor nível de P, mas reduziu, no nível mais alto. Por outro lado, o aumento na disponibilidade de P aumentou a massa seca das plantas, apenas no menor nível de N (Quadro 2). Estes dados sugerem que as plantas de sorgo, cultivadas em ambiente salino, também requerem uma combinação adequada na disponibilidade de N e P, sendo necessário fornecer o P em concentração mais elevada.

Quadro 2. Acúmulo de matéria seca (g pl^{-1}), e teores de P, K, Ca, Na (g dm^{-3}), e Fe (mg dm^{-3}), na parte aérea do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em função da interação entre os níveis de N e P.

	MS		P		K	
	100	200	100	200	100	200
P (g dm^{-3})	-----N (g dm^{-3})-----					
31	1,88 aB	3,60 bA	1,41 aB	1,74 aB	15,25 aB	13,55 aA
62	10,80 aA	3,30 bA	3,93 aA	2,77 bA	20,30 aA	14,20 bA
CV (%):	36,0		24,0		15,3	
	Ca		Na		Fe	
	100	200	100	200	100	200
P (g dm^{-3})	-----N (g dm^{-3})-----					
31	8,97 aA	9,98 aA	22,22 aA	22,17 aA	660,06 aA	660,06 aA
62	5,59 bB	9,99 aA	1,2 aB	21,96 bA	201,43 aB	201,43 aB
CV (%):	30,3		17,4		57,9	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

O Si não promoveu alterações significativas na produção de massa seca das plantas. Esses resultados estão de acordo com Liang et al. (1994) em plantas de trigo,

Miranda (2000) em cajueiro anão-precose e moringa, Carvalho (2000) em arroz, Silva & Bohnem (2001) em milho e sorgo e Mauad et al (2003) em arroz, no entanto, são contraditórios aos observados por Korndörfer & Datnoff (1995) em arroz e cana-de-açúcar.

Os tratamentos não influenciaram os teores de nitrogênio na parte aérea das plantas, conforme foi observado por Silva (2004), ao utilizar o Si como atenuador dos efeitos danosos do NaCl em plantas de sorgo.

Os teores de fósforo foram influenciados pela interação entre N e P (Quadro 2). Observou-se que ao aumentar a disponibilidade de N no solo, houve decréscimo nos teores de fósforo na maior dose de P. Entretanto, quando se elevou a disponibilidade de P, promoveu elevação nos teores de fósforo a 100 e 200 ppm de N.

Os teores de potássio também foram influenciados pela interação entre N e P (Quadro 2). Observou-se que com o aumento de N no solo os teores de potássio decresceram com o aumento de P. Por outro lado o aumento na disponibilidade de P promoveu elevação nos teores de potássio a 100 mg dm⁻³ de N.

A interação entre N e P (Quadro 2) influenciaram os teores de Ca na massa seca do sorgo. Com elevação dos níveis de N no solo, observou-se aumento nos teores de Ca, apenas na maior dose de P, enquanto que ao se elevar o nível de P, decresceram os teores de Ca, mas, apenas a 100 mg dm⁻³ de N.

A interação entre N e P influenciaram os teores de Na (Quadro 2), que foram menores nas plantas que receberam 100 e 62 mg dm⁻³ de nitrogênio e fósforo, respectivamente, coincidindo, portanto, com a maior produção de massa seca.

A regulação no transporte de íons é um dos fatores responsáveis pela tolerância das plantas à salinidade, as proteínas das membranas, plasmáticas e do tonoplasto, desempenham papel importante na absorção e/ou distribuição seletiva de íons na célula (Ashraf & Harris, 2003). Esta absorção seletiva está associada à atividade da H⁺-ATPase (Marschner, 1995), proteína transportadora, que hidrolisa o ATP para bombear prótons pela membrana (Sze, 1985; Serrano, 1989) e assim funciona para manter o gradiente eletroquímico (Palmgren & Harper, 1999), que por sua vez, necessita de P, unidade fundamental da molécula de ATP, envolvida em reações de transferência de energia (Mengel & Kirkby, 1979). Assim a elevação do P (62 ppm) no solo, combinado

ao nível adequado de N (100 ppm), contribuiu para aumentar a atividade da H⁺-ATPase nas membranas implicando em menor absorção de Na⁺, e maior absorção de K, de P e maior produção de massa seca.

Os teores de Fe decresceram com o nitrogênio, apenas, no nível de 31 mg dm⁻³ de fósforo, e com o fósforo, no nível de 100 mg dm⁻³ de nitrogênio (Quadro 2).

O Si exerceu efeito sobre os teores de potássio (Quadro 3). Observou-se, que os teores de K a 0 e 28 ppm de Si foram iguais entre si, e superiores aos obtidos com 14 ppm de Si. Estes resultados são pouco consistentes e divergem dos encontrados na literatura, pois o Si aumenta a atividade enzimática da superóxido dismutase e outras enzimas antioxidantes (Liang, 1999; Liang et al., 2003; Zhu et al., 2004) e da ATPase (Liang, 1999), envolvidas na proteção à peroxidação da camada de lipídeos da membrana plasmática promovida pelos radicais livres de oxigênio, e na absorção seletiva de íons, respectivamente; implicando assim, numa maior integridade da membrana plasmática e uma menor absorção de Na, e conseqüentemente maior absorção de K, Ca e Mg, e elevação na produção de massa seca.

Quadro 3. Teores de K (g dm⁻³) na parte aérea do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em função dos níveis de Si.

SiO ₂ (g dm ⁻³)	0	14	28
K	16,7 a	13,9 b	16,8 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

A interação entre N e Si influenciou os teores de Fe na parte aérea (Quadro 4), observou-se que com a adição de 28 ppm de Si, houve elevação nos teores de Fe, combinado à menor concentração de N; comportamento contrário foi observado, quando se aumentou a disponibilidade de N, houve redução no teor de Fe, a 28 mg dm⁻³ de Si.

Quadro 4. Teores de Fe e de Cu (mg dm^{-3}) na parte aérea do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em função da interação entre os níveis de Si e N.

	Fe		Cu	
	-----N (mg dm^{-3}) -----			
SiO ₂ (mg dm^{-3})	100	200	100	200
0	390,1 aB	310,4 aA	6,7 aA	5,3 bA
14	235,7 aB	420,4 aA	5,9 aA	5,9 aA
28	666,4 aA	237,6 bA	5,7 aA	6,8 aA
CV (%)	57,4		21,0	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Os teores de Cu foram influenciados pela interação entre N e Si (Quadro 4), observando-se redução no tratamento sem Si, quando se elevou a dose de 100 ppm para 200 ppm de N. Os dados demonstraram, que apesar do Fe e Cu serem íons atômicos, sua absorção foi influenciada de forma diferente pelo nitrogênio, e pelo silício.

4 CONCLUSÕES

1. O fornecimento de P em maiores quantidades (62 mg dm^{-3}) combinado a níveis adequados de N (100 mg dm^{-3}) em condições salinas contribuiu para o aumento da produção de biomassa da parte aérea do sorgo forrageiro, dos teores de P, K, e redução dos teores de Na.
2. O silício não reduziu os efeitos do NaCl na produção de massa seca e nos teores de nutrientes na parte aérea das plantas de sorgo.

5 LITERATURA CITADA

AGARIE, S.; HANAOKA, N.; UENO, O.; MIYAZAKI, A.; KUBOTA, F.; AGATA, W. & KAUFMAN, P. B. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. *Plant Prod. Sci.*, 1: 96-103, 1998.

AHMAD, R.; ZAHEER, S. & ISMAIL, S. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Sci.*, 85: 43-50, 1992.

ALI, H.; TUCHER, T. C.; THOMPSON, T. L. & SALIM, M. Effects of salinity and mixed ammonium and nitrate nutrition on the growth and nitrogen utilization of barley, *J. Agron. Crop Sci.*, 186: 223-228, 2001.

ASHRAF, M. & O'LEARY, J. W. Responses of salt-tolerant nad salt-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium rations in saline sand culture. *J. Plant Nut.* 20: 361-77, 1997.

ASHRAF, M. & HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166: 3-16, 2004.

BALASTRA, M. L. F.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O. & VILLREAL, P. Effects of sílica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hult. *Can. J. Bot.*, 67: 2356-63, 1989.

BALLESTEROS, E.; BLUMWALD, E.; DONAIRE, J. P. & BELVER, A. Na⁺/H⁺ antiport in tonoplast vesicles isolated from sunflower roots induced by NaCl stress. *Phys. Plant.*, 99: 328-34, 1997.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E. & SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 25: 352-30, 2001.

BATRA, L. & DIKSHIT, R. P. Effect of exchangeable sodium on growth and concentration of important macronutrient in needles and stems of four *Casuarina spp.* *Plant Soil*, 167: 197-2002, 1994.

BENNET, W. F. Nutrients deficiencies & toxicities in crop plants. St. Paul, APS, 1994, 202p.

BOTELLA, M. A.; CERDA, A. C. & LIPS, S. H. Dry matter production, yield, and allocation of carbon-14 assimilates by wheat as affected by nitrogen source and salinity. *Agron. J.*, 85: 1044-1049, 1993.

BRADBURY, M. & AHMAD, R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* growing in saline soil. *Plant Soil*, 125: 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*, 29: 504-507, 1965.

CACHORRO, P.; ORTIZ, A. & CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. *Plant Soil*, 159: 205-12, 1994.

CAMPBELL, W. F.; WAGENET, R. J. & RODRIGUEZ, R. R. Salinity, water management and fertility interactions on yield and fixation in snapbeans. *Irrig. Sci.*, 7: 195-204, 1986.

CARVALHO, J. C. Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2000. 119p. (Tese de Mestrado).

CUSIDO, R. M.; PALAZON, J.; ALTABELLA, T. & MORALES, C. Effects of salinity on soluble protein, free amino acids and nicotine contents in *Nicotiana rustica* L. *Plant Soil*, 102: 55-60, 1987.

DAVENPORT, R. J.; REID, R. J. & SMITH, F. A. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. *Phys. Plant.* 99: 323-27, 1997.

DELGADO, M. J.; GARRIDO, J. M.; LIGERO, F. & LUCH, C. Nitrogen fixation and carbon metabolism by nodules and bacteroides of pea plants under sodium chloride stress. *Phys. Plant.* 89: 824-29, 1993.

DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. & MARTIN, F.G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *Crop Sci.*, 34: 733-37, 1994.

DURAND, M. & LACAN, D. Sodium partitioning the shoot of soybean. *Phys. Plant.* 91: 65-71, 1994.

ELAWAD, S. H. & GREEN Jr., V. E. Silicon and the rice plant environmental: a review of recent research. *R. IL Riso*, 28: 235-253, 1979.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 91: 11–17, 1994.

FEIGIN, A. Fertilization management of crops irrigated with saline water. *Plant Soil*, 89: 285-299, 1985.

GIBSON, T. S. Carbohydrate metabolism and phosphorus-salinity interaction in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil*, 111: 25-35, 1988.

GREENWAY, H. & MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31: 149-190, 1980.

GÜNES, A.; INAL, A. & ALPASLAN, M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *J. Plant Nut.* 19: 389-96, 1993.

GUPTA, K. P. & SINGH, S. P. Effects of different rates of nitrogen on grain yield and yield attributes of dwarf varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Narma Valley. *Ind. J. Agric. Sci.*, 41: 824-827, 1971.

HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. The water culture methods for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station, Berkley, 1950. 32p. (Circular 347)

HOPPS, H. C.; CARLISLE, E. M.; McKEAGUE, J. A.; SIEVER, Van, R. & SOEST, P. J. Silicon. In: MERTZ, W. *Geochemistry and the Environment*. Washington, Nat. Acad. Soc., 2: 54-72, 1977.

HU, Y.; OERTLI, J. J. & SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. I. Growth. *J. Plant Nut.* 20: 1155-67, 1997.

- JANZEN, H. H. & CHANG, C. Cation nutrition of barley as influenced by soil solution composition in a saline soil. *Can. J. Soil. Sci.* 67: 619-29, 1978.
- KORNDÖRFER, G. H. & DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 70: 1-3, 1995.
- LIANG, Y. C.; MA, T. S.; LI, F. J. & FENG, Y. J. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 25: 2285-2297, 1994.
- LIANG, Y. C.; SHEN, Q. R.; SHEN, Z. G. & MA, T. S. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *J. Plant Nut.*, 19: 173-183, 1996.
- LIANG, Y. C. Effects of Si on leaf ultrastructure, chlorophyll content and photosynthetic activity in barley under salt stress. *Pedosphere*, 8: 289-296, 1998.
- LIANG, Y. Effects of silicon on activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley salt stress. *Plant Soil*, 209: 217-224, 1999.
- LIANG, Y. C. & DING, R. X. Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants. *Sci. China (Series C)*, 45: 298-308, 2002.
- LIANG, Y.; CHEN, Q.; LIU, Q.; ZHANG, W. & DING, R. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Plant Physiol.*, 158: 1-8, 2003.
- LIAO, C. F. H. Devard's alloy method for total nitrogen determination. *Science Society of American Journal*, 45: 852- 855, 1981.
- LYNCH, J. & LAUCHLI, A. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley. *New Phyt.* 99: 345-54, 1985.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, CENA/USP, 1989. 28p.

MAUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C. A. C. & CORRÊA, J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. R. Bras. Ci. Solo, 27: 867-873, 2003.

MENGEL, K. E. & KIRKBY, G. A. Plant Nutirents. In: Principles of Plant Nutrtrion. 2.ed. Worblaufen-Bern, International Potash Institute, p. 11-19, 1979.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O. BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M. & CALDAS, A. L. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca plantas de moringa (*Moringa oleifera* LAM.). R. Bras. Ci. Solo, 26: 957-965, 2002.

PORCELLI, C. A.; BOEM, F. H. G. & LAVADO, R. S. The K/Na and Ca/Na rations and rapeseed yield, under soil salinity or sodicity. Plant Soil, 175: 251-55, 1995.

RAVEN, J. A. Transport and function of silicon in plants. Biol. Rev, 58: 179–207, 1983.

SATTI, S. M. E.; LOPEZ, M. & AL-RAWAHY, S. A. Effects of saline nutrient solutions on the growth and accumulation of mineral elements in some tomato cultivars. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 26: 2097-2106, 1995.

SILVA, M. C. C. Silício com atenuador dos efeitos da salinidade no crescimento e na nutrição mineral do sorgo e do milho. 2004. 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SOLIMAN, M. S. & ELKEIY, O. Z. The interactive effects of irrigation water salinity and N- and P-fertilization method on wheat production. J. Agric. Sci. Mansoura University, 17: 3093-3100, 1992.

TERMAAT, A.; PASSIORA, J. B. & MUNNS, R. Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl affected wheat and barley. Plant Physiol., 77: 869-872, 1985.

WAGENET, R. J.; RODRIGUEZ, R. R.; CAMPBELL, W. F. & TURNER, D. L. Fertilizer and salty water effects on *Phaseolus*. Agron. J., 75: 161-166, 1983.

WOLF, O.; MUNNS, R.; TONNET, M. L. & JESCHKE, W. D. The role of the stem in the partitioning of Na⁺ and K⁺ in salt-treated barley. J. Exp. Bot. 42: 1439-51, 1998.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesama. J. Plant Nut. 21: 1439-51, 1998.

YEO, A. R.; FLOWRES, S. A.; RAO, G.; WELFARE, K.; SENANAYAKE, N. & FLOWERS, T. J. Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oriza sativa* L.) in saline conditions and this is accounted for by a reduction in the transpirational bypass flow, Plant Cell Environ., 22: 559-565, 1999.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y. & KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. Soil Sci. Plant Nut., 8: 15-21, 1962.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN, Q. & YU, J. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). Plant Sci, 167: 527-533, 2004.

**SILÍCIO, NITROGÊNIO E FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E
NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* L.)
SUBMETIDO À SALINIDADE**

RESUMO

Realizou-se um experimento em telado de nylon do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, para avaliar os efeitos do silício, do nitrogênio e do fósforo na nutrição mineral e na produção de biomassa de plantas de sorgo submetidas ao estresse salino. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados seguindo esquema fatorial (2x2x3), com 4 repetições, e uma planta por vaso de 3 L de capacidade, os fatores corresponderam às doses de N (100 e 200 mg dm⁻³), de P (31 e 62 mg dm⁻³) e de Si (0, 14 e 28 mg dm⁻³) em solo, onde 10 dias após a germinação, receberam parceladamente em 1/3 as doses de N, de P e de Si, a cada três dias. Aos 60 dias após a germinação, as plantas foram coletadas, separada a parte aérea, seca em estufa a 70°C até peso constante, para determinação da produção de biomassa, e moída, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu e Na. Observou-se no tratamento que recebeu 62 mg dm⁻³ de P e 100 mg dm⁻³ de N, maior produção de biomassa da parte aérea do sorgo e elevação nos teores de P e K, e redução nos de Na e Ca.

CAPITULO 3

EFEITO DO SILÍCIO E DO CLORETO DE SÓDIO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DE BIOMASSA SECA DO SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* L.)

SILÍCIO E CLORETO DE SÓDIO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DE BIOMASSA SECA DO SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* L.)

RESUMO

Realizou-se um experimento em telado de nylon do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, para avaliar os efeitos do silício e do cloreto de sódio na produção biomassa seca e na qualidade bromatológica de plantas de sorgo submetidas ao estresse salino. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados seguindo esquema fatorial (3x4), com 3 repetições, e uma planta por vaso de 3 L de capacidade, os fatores corresponderam às doses de Si (0, 14 e 28 mg dm⁻³) e de NaCl (0, 20, 40 e 60 mg dm⁻³), em solo, onde 10 dias após a germinação, receberam parceladamente em 1/3 as doses de Si e de NaCl, a cada três dias. Aos 60 dias após a germinação, as plantas foram coletadas, separada a parte aérea, seca em estufa a 70°C até peso constante, para determinação da produção de Massa Seca (MS), e moída, para determinação dos teores de Proteína Bruta (PB), Cinza (CZ), Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Digestibilidade *in vitro* da Massa Seca (DIVMS), e a quantia de Energia Bruta (EB). Observou-se que a produção da MS da parte aérea do sorgo foi severamente comprometida com a elevação de NaCl, e que a dose de Si de 28 mg dm⁻³ promoveu aumento na quantidade de EB e elevação nos teores de CZ, FDN e DIVMS na maior dose de NaCl.

EFFECT OF THE SILICON AND OF THE CHLORIDE OF SODIUM IN THE PRODUCTION AND QUALITY BROMATOLÓGICA OF DRY BIOMASS OF THE SORGO FORRAGE (*Sorghum bicolor* L.)

ABSTRACT

Took place an experiment in telado of nylon of the Centro de Saúde e Tecnologia Rural of the Universidade Federal de Campina Grande, to evaluate the effects of the silicon and of the chloride of sodium in the production mass dries and in the quality bromatológica of sorghum plants submitted to the saline stress. Being used the factorial outline and the delineamento of blocks casualizados, with three repetitions, and a plant for vase of 3 L of capacity, in that the first factor referred to the doses of Itself (0, 14 and 28 mg dm⁻³), and the second the doses of NaCl (0, 20, 40 and 60 mg dm⁻³), in soil, where 10 days after the germination, they received parceladamente in 1/3 of the doses from Itself and of NaCl every three days. To the 60 days after the germination, the plants were collected, separate the aerial part, dries, for determination of the production of dry mass, and moída, for determination of the tenors of PB, CZ, FDN and DIVMS, and the amount of EB. Observou-se if that the production of the mass dries of the aerial part of the sorghum was severely committed with the elevation of the doses of NaCl in the middle of cultivation and that the Itself promoted quick increase in the amount of EB and elevation in the tenors of CZ, FDN and DIVMS in the largest level of NaCl.

1 INTRODUÇÃO

A estacionalidade na produção das forrageiras nos trópicos e a necessidade de se obter maior uniformidade na produção de leite e carne durante o ano, bem como de atender a produção intensiva de bovinos, caprinos e ovinos, têm levado os pecuaristas a adotarem práticas de conservação de forragens, principalmente, nas formas de silagem e fenação.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) tem sido apresentado como uma espécie adaptada ao processo de ensilagem pela facilidade de cultivo (Valente, 1992), pelo alto rendimento por hectare (Cummins, 1981; Pereira et al., 1993) e pela qualidade da silagem produzida, sem a necessidade de aditivos para estimular a fermentação (Zago, 1991).

Embora presente, em média, valor nutritivo levemente inferior à planta do milho, o sorgo é mais tolerante à seca (Cummins, 1981; Lusk et al., 1984) e esse diferencial é importante para os sistemas de produção situados em regiões sujeitas ao déficit hídrico.

Na maioria dos trabalhos conduzidos com sorgo, estuda-se competição entre cultivares, observando-se grande amplitude na produção de matéria seca. Uma boa confirmação desta afirmativa pode ser observada no trabalho de Corrêa et al. (1996), que, em um estudo comparativo entre 13 híbridos de sorgo, encontraram produção de matéria natural (MN) variando de 12,0 a 44,67 t/ha e produção de matéria seca (MS) de 4,14 a 14,77 t/ha, sendo os maiores valores relativos aos híbridos de maior altura. Valente et al. (1984), avaliando quatro variedades de sorgo, para silagem, obtiveram produção de MS de 12,4 a 26,2 t/ha.

Os teores de PB das plantas de sorgo podem variar bastante, atingindo valores de 2,5 a 13,6% (Gaggiotti et al., 1992). Estas variações são atribuídas a fatores como cultivares, estágio de maturação, níveis de adubação. Malavolta & Dantas (1987) demonstraram que doses altas de nitrogênio (N) aumentam o conteúdo de proteína nos grãos.

Verifica-se na literatura grande número de trabalhos apresentando resultados de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e, também, uma ampla faixa de variação nesses valores. Para a DIVMS do material original e silagens de sorgo forrageiro encontram-se valores de 44,7 a 63,3% na MS (Fisher & Burns, 1987; Gomide et al., 1987; White et al., 1991; Borges, 1995; Silva, 1997), para sorgos intermediários e de duplo propósito, valores de 58,1 a 66,1% (Fisher & Burns, 1987; Demarchi, 1993; Bernardino, 1996; Silva, 1997).

O sorgo pode tolerar considerável variação na fertilidade e no balanço de vários nutrientes no solo, mas a produção e a eficiência da planta são afetadas por estes fatores, podendo refletir na qualidade nutricional da forragem, uma vez que o aumento de produção é baseado em maior acúmulo de compostos orgânicos na planta, que, por sua vez, esta relacionada com a disponibilidade de nutrientes (Loué, 1963).

A salinidade dos solos é um dos problemas mais limitantes da produção agrícola em regiões áridas e semi-áridas do mundo (Gheyi, 2000; Munns, 2002). Na maioria dessas regiões, a salinização do solo ocorre com o acúmulo de determinadas espécies iônicas, principalmente Na^+ e Cl^- . A predominância destas espécies iônicas no meio de crescimento, além de causar toxidez, quando se acumulam nos tecidos vegetais, podem acarretar mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons essenciais ao seu crescimento (Lacerda et al., 2004).

Objetivou-se avaliar neste trabalho, os efeitos do silício e do cloreto de sódio na produção de biomassa seca e na qualidade bromatológica de plantas de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) submetidas à salinidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em telado de nylon do Centro de Saúde e Tecnologia Rural de Universidade Federal de Campina Grande, entre março e maio de 2003. Sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) foram semeadas em solo (quadro 1), acondicionado em vasos plásticos com capacidade 3 L e aos quais foram adicionados, a solução de Hoagland e Arnon (1950) a 50% da concentração e os tratamentos.

Quadro 1. Atributos físicos e químicos do solo

Granulometria			pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	T	V
Areia	Silte	Argila	CaCl ₂ 0,01 M	mg/dm ³	cmol _c dm ⁻³						%
_____	(%)	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
76	14	10	5,4	27,0	4,2	1,3	0,7	0,4	1,8	8,4	78

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados seguindo esquema fatorial (3x4), com 4 repetições e uma planta por vaso. Os fatores referiram-se às concentrações de SiO₂ (0, 14 e 28 mg dm⁻³) e de NaCl (0, 20, 40 e 60 mg dm⁻³). Aos 60 dias após a germinação das sementes, as plantas foram coletadas e separada a parte aérea, seca em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C até peso constante. Posteriormente foi determinada a produção de massa seca e procedeu-se a moagem do material para fins de análise química.

Foram avaliados, a produção de massa seca (MS) na parte aérea e os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), cinza (CZ), energia bruta (EB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Os teores de PB, FDN, CZ e DIVMS, e EB, foram determinados através do método proposto por Silva (2002). Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e de regressão. Os modelos foram escolhidos de acordo com a significância dos coeficientes, e as equações foram ajustadas às médias, em função dos fatores isolados ou da interação entre os mesmos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados mostrou que o NaCl exerceu efeito no acúmulo de massa seca (MS) e sobre a energia bruta (EB). O SiO₂ influenciou a energia bruta (EB), e a interação entre os fatores de SiO₂ e Na teve efeito sobre os teores de cinza (CZ), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e de fibra em detergente neutro (FDN).

O NaCl influenciou a produção de massa seca da parte aérea do sorgo (Figura 1 A), observando-se redução acentuada, com aumento nos níveis de NaCl. Estes resultados estão de acordo, com os obtidos por Azevedo Neto & Tabosa (2000) em plantas de milho, Silva (2004) em milho e sorgo e Lacerda et al (2004) em sorgo.

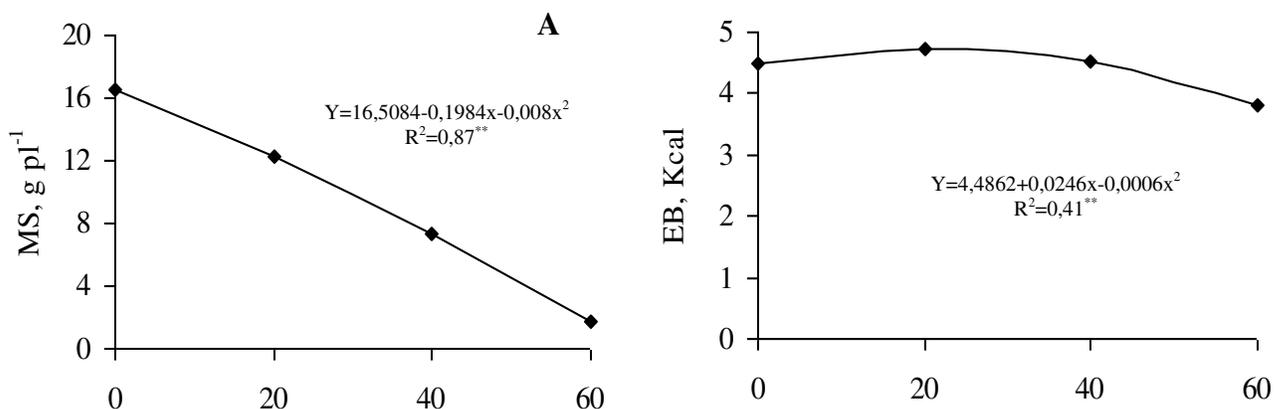


Figura 1 Efeito do NaCl na produção de matéria seca (A) e na energia bruta (B) na matéria seca do sorgo.

A produção de biomassa vegetal que depende do acúmulo de carbono pela fotossíntese, pode ser afetada pela salinidade (Munns & Termaat, 1986; Macler, 1988), através da seca fisiológica, do desbalanço nutricional e do efeito tóxico específico dos íons sódio e cloro (Jeffrey & Izquierdo, 1989).

O NaCl exerceu efeito quadrático sobre a quantidade de energia bruta da parte aérea do sorgo (Figura 1 B), observando-se aumento nos níveis de EB até 20 mg dm⁻³ de NaCl. A energia bruta foi influenciada, também, pelo Si, observou-se discreta elevação desta variável, com o aumento do SiO₂ no meio de cultivo (Figura 2).

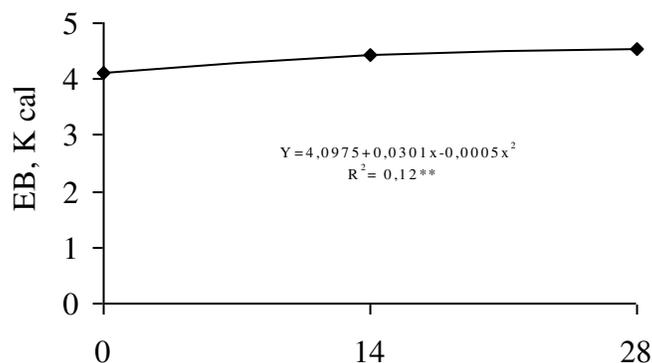


Figura 2. Efeito do SiO₂ na energia bruta da massa seca do sorgo.

A interação entre SiO₂ e NaCl influenciou os teores de CZ na massa seca do sorgo (Figura 3 A). Observou-se ligeira redução nos teores de cinza, até 20 mg dm⁻³, seguido de elevação nas doses seguintes de NaCl nas plantas que receberam 14 e 28 g dm⁻³ de SiO₂, enquanto o tratamento sem SiO₂ houve elevação nos teores de cinza à medida que se elevaram os níveis de NaCl no solo. Este comportamento é contrário ao obtido por Muscolo et al (2003) com capim kikuiu cultivado sob salinidade.

Os teores de FDN foram influenciados pela interação entre SiO₂ e NaCl (Figura 3 B). Observou que os tratamento com 0, 14 e 28 g dm⁻³ de SiO₂, provocaram redução nos teores de FDN na massa seca do sorgo forrageiro, com aumento nos níveis de NaCl no solo. Estes dados estão de acordo com Muscolo et al. (2003) em plantas de capim kikuiu sob condições salinas. Entretanto Sertão (2005) trabalhando com capim urocloa em solos degradados por sais e com uso de corretivos não encontrou diferença nos teores de FDN.

A interação entre o SiO₂ e NaCl influenciou a digestibilidade *in vitro* da massa seca do sorgo. Os dados referentes ao tratamento com 14 mg dm⁻³ de SiO₂ não apresentaram ajuste matemático. Observou-se que ,na ausência do SiO₂, as plantas apresentaram maior digestibilidade *in vitro*, sendo inicialmente estimulado pelo NaCl, entretanto, os valores decresceram com elevação dos níveis de NaCl no solo, por outro lado, as plantas que receberam 28 mg dm⁻³ de SiO₂ apresentaram DIVMS crescente com o NaCl (Figura 3C).

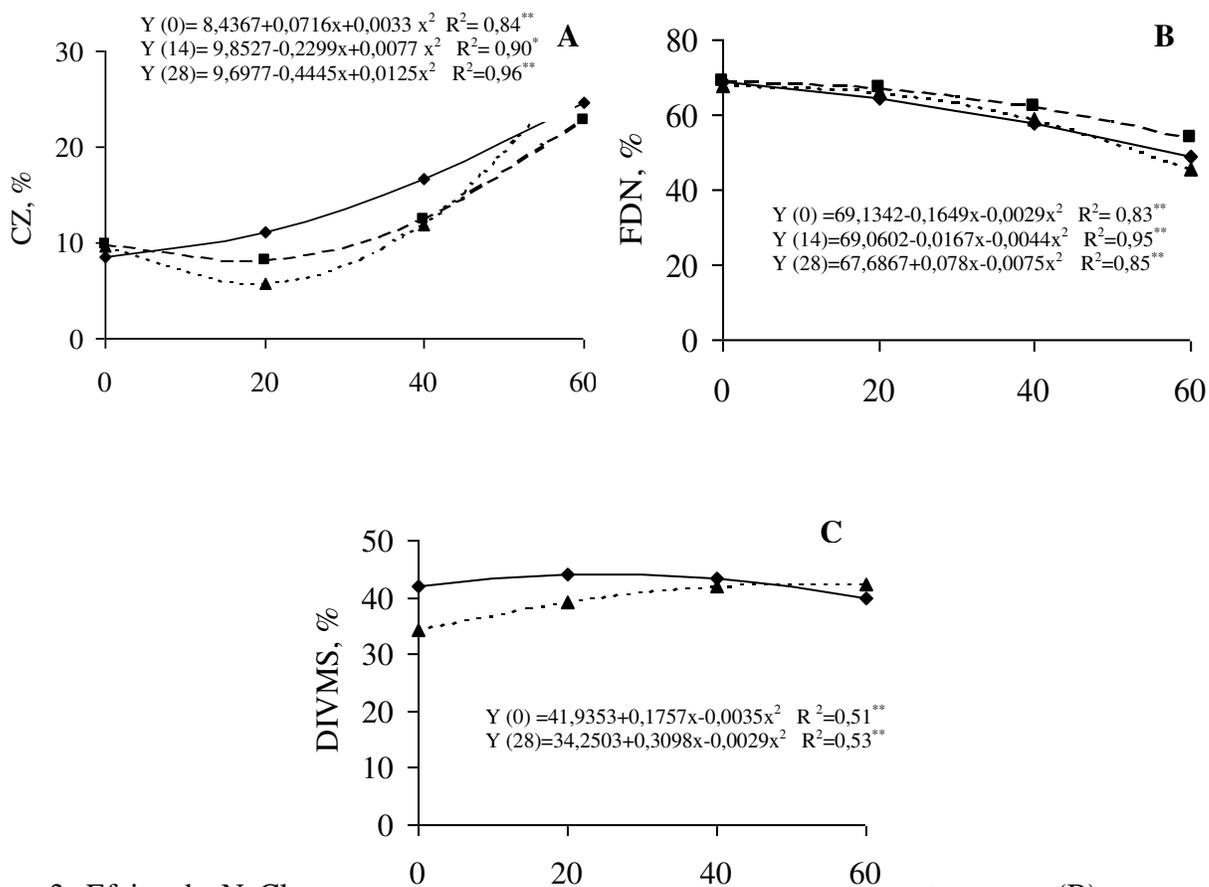


Figura 3. Efeito do NaCl digestibilidade *in vitro* da nte neutra (B) e

Muscolo et al (2003) avaliando os efeito da salinidade na qualidade bromatológica do capim kikuiu, espécie que o autor considerou como tolerante à salinidade, observou uma redução na DIVMS de 70% no tratamento sem NaCl para 22% no tratamento que recebeu 200 mM de NaCl.

4 CONCLUSÕES

1. A produção da massa seca da parte aérea do sorgo foi severamente comprometida pelo NaCl no solo, revelando que SiO₂ não atenua os efeitos da salinidade das plantas de sorgo.
2. O SiO₂ promoveu ligeiro aumento na quantidade de EB e nos teores de CZ e DIVMS da biomassa das plantas de sorgo submetidas à salinidade.

5 LITERATURA CITADA

AZEVEDO NETO, A. D. & TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I Análise do crescimento¹. R. Bras. Eng. Agr. Amb., 4: 159-164, 2000.

BERNARDINO, M. L. A. Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de taninos e suculência no colmo. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)

BORGES, A. L. C. C. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. 104p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)

CUMMINS, D. G. Yield and quality change with maturity of silage-type sorghum fodder. Agron. J., 73: 988-990, 1981.

DEMARCHI, J. J. A. A. Produção, valor nutritivo e características fermentativas de silagem de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) em cinco estádios de maturação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, 1993. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)

FISHER, D. S. & BURNS, J. C. Quality analysis of summer-annual forages. Agron. J., 79: 236-253, 1987.

GAGGIOTE, M. C.; ROMERO, L. A. & BRUNO, O. A. Cultivares del sorgo forrajero a la silaje. II características fermentativas e nutritivas de los silajes. R. Arg. Prod. An., 12: 163-167, 1992.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.; ASSIS JR., R. N. ROMERO, R. E. & SILVA, J. R. C., Ed. Agricultura, sustentabilidade e o semiárido. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, p.329-345.

GOMIDE, J. A.; ZAGO, C. P. & CRUZ, M. E. Milho e sorgo em cultivos puros ou consorciados com soja, para produção de silagem. R. Bras. Zoot., 16: 308-317, 1987.

HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. The water culture methods for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station, Berkley, 1950. 32p. (Circular 347)

JEFFREY, W. D. & IZQUIERDO, J. Frijol: fisiologia del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés. Santiago, FAO, 1989. 91p.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A. & RUIZ, M. A. Influência do cálcio sobre o crescimento e os solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. R. Bras. Ci. Solo, 28: 289-295, 2004.

LOUÉ, A. Estudo comparativo das exigências minerais de algumas variedades de milho híbrido. Fertilité, 20: 22-32, 1963.

LUSK, J. W.; KARAU, P. K. & BALOGO, D. O. Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. J. Dai. Sci., 67: 1739-1744, 1984.

MACLER, B. A. Salinity effects on photosynthesis, carbon allocation, and nitrogen assimilation in the red alga, *Gelidium coulteri*, Plant phys., 88: 690-694, 1988.

MALAVOLTA, E. & DANTAS, J. P. Nutrição e adubação de milho. In: PATERNIANE, E., VIEGAS, G. P. (Eds.) Melhoramento e produção de milho. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 2: 539-593.

MUNNS, R. & TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity, Aust. J. Plant Physiol, 13: 143-160, 1986.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ., 25: 239-250, 2002.

MUSCOLO, A.; PANUCCIO, M. R. & SIDARI, M. Effects of salinity on growth, carbohydrate and nutritive properties of Kikuiu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst). Plant Sci., 164: 1103-10, 2003.

PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A. & GOMIDE, J. A. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. R. Bras. Zoot., 22: 31-38, 1993.

SERTÃO, M. A. J. Uso de corretivos e cultivo do capim urocloa (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) em solos degradados do semi-árido. 2005. 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Campina Grande, Patos.

SILVA, F.S. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/ panícula. 1997. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, D. J. Análise de alimento: métodos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 165p.

SILVA, M. C. C. Silício com atenuador dos efeitos da salinidade no crescimento e na nutrição mineral do sorgo e do milho. 2004. 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, Areia.

WHITE, J. S., BOLSEN, K. K. & POSLER, G. Forage sorghum dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. *Animal Feed Science and Technology*, 33: 313- 322, 1991.

VALENTE, J. O.; SILVA, J. F. C. & GOMIDE, J. A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), para silagem. 2. Valor nutritivo e produção de silagens. *R. Soc. Bras. Zoot.*, 13: 74-81, 1984.

VALENTE, J. O. Introdução. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Manejo cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1992. p. 5-7. (Circular técnica, 17)

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p.169-217, 1991.

SILÍCIO E CLORETO DE SÓDIO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DE BIOMASSA SECA DO SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* L.)

RESUMO

Realizou-se um experimento em telado de nylon do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, para avaliar os efeitos do silício e do cloreto de sódio na produção biomassa seca e na qualidade bromatológica de plantas de sorgo submetidas ao estresse salino. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados seguindo esquema fatorial (3x4), com 3 repetições, e uma planta por vaso de 3 L de capacidade, os fatores corresponderam às doses de Si (0, 14 e 28 mg dm⁻³) e de NaCl (0, 20, 40 e 60 mg dm⁻³), em solo, onde 10 dias após a germinação, receberam parceladamente em 1/3 as doses de Si e de NaCl, a cada três dias. Aos 60 dias após a germinação, as plantas foram coletadas, separada a parte aérea, seca em estufa a 70°C até peso constante, para determinação da produção de Massa Seca (MS), e moída, para determinação dos teores de Proteína Bruta (PB), Cinza (CZ), Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Digestibilidade *in vitro* da Massa Seca (DIVMS), e a quantia de Energia Bruta (EB). Observou-se que a produção da MS da parte aérea do sorgo foi severamente comprometida com a elevação de NaCl, e que a dose de Si de 28 mg dm⁻³ promoveu aumento na quantidade de EB e elevação nos teores de CZ, FDN e DIVMS na maior dose de NaCl.