



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL

CAMPUS VII

UFPB - BIBLIOTECA



ENGENHARIA FLORESTAL

Pesquisando e Desenvolvendo
o Semi-Árido

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O CRESCIMENTO E
ACUMULAÇÃO DE SOLUTOS INORGÂNICOS EM
PLANTAS JOVENS DE CAJUEIRO
(*Anacardium occidentale* L.)

30p.

NILMA ÁLVARES

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O CRESCIMENTO E ACUMULAÇÃO DE
SOLUTOS INORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE CAJUEIRO

(*Anacardium occidentale* L.)

Monografia apresentada à
Coordenação do Curso de
Engenharia Florestal, da
Universidade Federal da Paraíba,
como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Engenheira
Florestal

PATOS – PARAÍBA

ABRIL/2002



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2022.

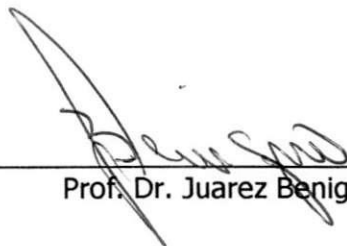
Sumé - PB

NILMA ÁLVARES

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O CRESCIMENTO E ACUMULAÇÃO DE
SOLUTOS INORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE CAJUEIRO

(*Anacardium occidentale* L.)

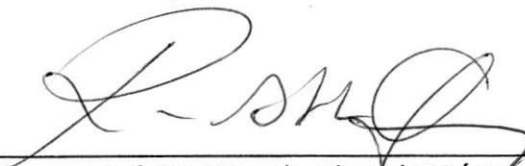
Monografia aprovada em 02 / 04 / 2002



Prof. Dr. Juez Benigno Paes



Prof. Dr. Gilvan José Campelo dos Santos



Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas
(Orientador)

DEDICATÓRIA

À Deus, que me permitiu chegar onde estou.

Aos meus pais, Nilo e Severina, a quem devo todas as minhas conquistas, por acreditarem que a educação é a única herança que os pais podem deixar aos filhos e pelo exemplo de bondade, coragem, honestidade e doação.

Aos meus irmãos, companheiros de todas as horas.

Aos meus avós paternos Francisco e Otília e, maternos, Cícero e Ana (*in memoriam*). Saudades.

À Eurípedes, pela confiança, incentivo e apoio em todos os momentos, e que me fez perceber que para estar junto, não é preciso estar perto, e sim, do lado de dentro.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização do curso.

Ao prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas, pela orientação e espírito de compreensão e solidariedade demonstrados na realização deste trabalho.

Aos colegas Adelmo, Sr. Antonio, Ceíça, Cida, Egeiza, Eleide, Lúcia, Helke e Nara, que comigo compartilharam as alegrias e angústias desta etapa de nossas vidas e que me mostraram que a única maneira de ter um amigo é sê-lo.

À Engenheira Florestal Wilma Nóbrega de Oliveira, pela nobre amizade.

SUMÁRIO

LISTADE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Caracterização e extensão dos problemas relacionados ao excesso de sais solúveis no solo.....	3
2.2 A salinidade e o crescimento das plantas.....	5
2.3 Fisiologia e bioquímica do estresse salino.....	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1 Descrição do experimento.....	10
3.2 Análise e determinação dos teores em Cl ⁻	11
3.3 Análise e determinação dos teores em K ⁺ e Na ⁺	12
3.4 Análise e determinação dos teores em N – total.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	14
5. CONCLUSÕES.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Acumulação de massa seca (MS) total (A) na parte aérea (B) e nas raízes (C), em plantas jovens de cajueiro (CCP- 09), em resposta a diferentes de salinidade na solução nutritiva. **significativo ($p = 0,01$).

Figura 2. Concentrações de Na^+ (A), Cl^- (B) e K^+ (C) na parte aérea, em plantas jovens de cajueiro (CCP – 09), em resposta a diferentes níveis de salinidade na solução nutritiva. ** significativo ($p=0,01$).

Figura 3. Concentração de Na^+ (A), Cl^- (B) e K^+ (C) nas raízes, em plantas jovens de cajueiro (CCP – 09), em resposta a diferentes níveis de salinidade na solução nutritiva. ** significativo ($p = 0.01$).

Figura 4. Relação K^+/Na^+ na parte aérea (A) e nas raízes (B) e teores de N-total, em plantas jovens de cajueiro (CCP – 09), em resposta a diferentes níveis de salinidade na solução nutritiva . **significativo ($p= 0,01$).

RESUMO

Com os objetivos de identificar e avaliar a abrangência dos efeitos da salinidade sobre a acumulação e distribuição de K^+ , Na^+ , Cl^- , entre parte aérea e raízes, bem como sobre o conteúdo de N e a resposta de crescimento, plantas jovens de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), com 22 dias de idade, foram cultivadas em areia, e irrigadas diariamente com solução nutritiva com concentrações crescentes de NaCl (0, 25, 50, 75 e 100 mol m^{-3}), por um período de 30 dias, em condições de casa de vegetação. Os resultados obtidos mostraram que o efeito deletério da salinidade, sobre a produção e acumulação de massa seca total, foi proporcional à intensidade das concentrações de NaCl utilizadas. Com o aumento da salinidade, as concentrações internas de Cl^- e Na^+ , na parte aérea e raízes, atingiram níveis incompatíveis com o metabolismo geral. As concentrações internas do íon K^+ mostraram uma leve tendência de aumento na parte aérea. Nas raízes, por outro lado, foram substancialmente reduzidas por efeito da salinidade. A seletividade K^+/Na^+ , na parte aérea e nas raízes, foi drasticamente reduzida especialmente no maior nível de NaCl. Sintomas típicos de senescência, precocemente induzida pela salinidade, foram observados decorridos 10 dias do início dos tratamentos, fato que foi constatado pelas reduções ocorridas nos teores de N total da parte aérea. Os resultados obtidos neste estudo indicam que as plantas de cajueiro (CCP - 06), apresentam grau elevado de sensibilidade ao estresse salino. Esta sensibilidade,

ao menos em parte, parece refletir um desequilíbrio iônico decorrente do acúmulo excessivo de íons de Na^+ e Cl^- .

ABSTRACT

At the aim to study the effects of salinity on accumulating and partitioning of K^+ , Na^+ , Cl^- between shoot and root tissues, as well as N content of shoot and growth responses, 20-day-old young cashew plants had been grown in sand watered each day twice with nutrient solution loading 0, 25, 50, 75 e 100 mol m^{-3} of NaCl, along with 30-day-time course, under green house conditions. The obtained results showed that salinity strongly affected yielding and accumulating of total dry mass, and plant-growth responses to salinity being proportional to increasing the NaCl levels. The content of Cl^- e Na^+ , both in shoot and root tissues, do reached levels not compatible to general-plant metabolism. On account salinity, the K^+ tissue-internal concentrations increased slightly in shoot and, on the other hands, in root it had a sudden fall. The K^+/Na^+ selectivity of shoot and root drastically reduced in the higher NaCl level. On the 10th day after salt treatments started, typically symptoms of earlier senescence in leaf were found. This, in turn, was experimentally supported by the decreasing occurred in content of N in shoot. The current result allows to suggest that young cashew plants (CCP – 09) presented high sensitivity to salinity stress. This sensitivity, at least in part, seems to be related to ionic disturbance due possible to Na^+ and Cl^- accumulating far in excess of cell vacuolar compartmentalization.

1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), além de constituir um importante elemento sócio-econômico para o Nordeste brasileiro é também fonte de divisas para o país. A partir de 1960, a amêndoa de caju começou a se projetar como produto de exportação do Nordeste representando, atualmente, destacada posição na economia nacional, ocupando o 12º lugar na pauta de exportação regional e 3º lugar no Estado do Ceará. Ademais, o cajueiro tem sido cogitado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, como espécie florestal de interesse econômico, capaz de promover a exploração racional de vastas áreas do Nordeste brasileiro que, praticamente, não se prestariam para outras culturas, dadas às condições adversas de clima e solo predominantes nesta região.

Apesar da Cajucultura ser praticada intensivamente na faixa litorânea do Nordeste brasileiro e em regiões de clima semi-árido, portanto em áreas sujeitas às condições de salinização e alcalinização dos solos, são praticamente inexistentes, na literatura, trabalhos sobre os efeitos da salinidade e da alcalinidade sobre a produtividade dessa cultura assim como sobre as respostas das plantas de cajueiro ao estresse salino, principalmente no campo da fisiologia, muito embora existam algumas observações de campo as quais sugerem que plantas de cajueiro são relativamente sensíveis à salinidade (SILVA, 1998).

O presente estudo teve como objetivos identificar e avaliar a abrangência dos efeitos da salinidade sobre a acumulação de K^+ , Na^+ , Cl^- e conteúdo de N total entre parte aérea e raízes, bem como sobre a resposta de crescimento em plantas jovens de cajueiro.

UFPB - BIBLIOTECA

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização e extensão dos problemas relacionados ao excesso de sais solúveis no solo

Os solos afetados por sais podem causar efeitos adversos no crescimento da maioria das plantas superiores em razão da presença excessiva de íons salinos, no ambiente radicular, causando reduções na produção e na produtividade em níveis que desfavorecem a prática da agricultura. Este fato constitui-se em um sério problema nas áreas irrigadas, principalmente em regiões áridas e semi-áridas as quais são caracterizadas por elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices de precipitação, condições climáticas que concorrem para que os sais não sejam lixiviados e se acumulem em quantidades excessivas no solo (LIMA, 1997).

Em nível global, a área de solos afetados por sais é de, aproximadamente, 900 milhões de hectares, tendendo a aumentar nas áreas onde a irrigação é praticada com um manejo inadequado de água no solo (VIÉGAS, 1999). No Brasil, uma área correspondente a nove milhões de hectares apresenta solos afetados por excesso de sais solúveis (PEREIRA, 1983). Considerando o território brasileiro, na Região Semi-Árida Nordestina, particularmente no polígono das secas, é mais comum a ocorrência de solos de caráter salino e salino sódico. Estima-se que, no mínimo, 10% da área semi-árida do Nordeste brasileiro encontram-se abandonadas como decorrência de problemas associados à salinização os quais dificultam as atividades agrícolas (LUCENA, 1986).

As práticas químicas de correção de solos afetados por sais, de uso mais generalizado, baseiam-se na utilização do gesso agrícola, ácido sulfúrico, enxofre elementar, dentre outras. Como comentado por BOLT (1978), do ponto de vista da eficácia estas práticas dependem de condições como um perfil de solo suficientemente profundo, de forma a permitir plena lixiviação dos sais, e também de águas em quantidade e qualidade compatíveis com este tipo de procedimento. Estas condições, por imposição de aspectos geológicos, são absolutamente restritivas a eficiência dessas práticas de correção de solos salinizados, especialmente na Região Semi-Árida do Nordeste brasileiro. Desta forma, a utilização de plantas que compatibilizem absorção de íons salinos com crescimento se constitui em uma alternativa viável e promissora como prática de correção desses solos.

De forma geral, as propriedades químicas dos solos salinizados são determinadas pelo tipo e pela quantidade dos sais presentes. Em solos de regiões semi-áridas que não apresentam problemas de excesso de sais, freqüentemente, os íons de cálcio e de magnésio são os principais cátions existentes tanto na solução quanto no complexo de troca. Porém a irrigação, com águas de baixa qualidade, promove nestes solos a acumulação de sais e, com freqüência, o sódio vem a ser o cátion predominante (BOLT, 1978).

2.2 A salinidade e o crescimento das plantas

Os problemas da agricultura associados a solos salinos ou a solos sódicos podem ser atribuídos a distúrbios tanto na absorção de água quanto na absorção de íons nutrientes pela planta (PAPP et al., 1984; BALL et al., 1985). Por outro lado, os distúrbios provocados pela salinidade na nutrição da planta são, primariamente, devido à existência de um desfavorável balanço iônica no complexo sortivo do solo (TERRY e WALDRON, 1985). Em solos salinos e, principalmente, salino-sódicos, o íon sódio assume uma posição dominante, a qual adversamente pode afetar a absorção de outros cátions (BLUMWALD et al., 1983). Além disto, menções podem ser feitas com respeito ao efeito de certos íons tóxicos à planta, a exemplo do boro além de altas concentrações do íon cloreto (BOLT, 1978).

No caso especial dos solos alcalinizados, os altos valores de pH causados pela presença de carbonatos dissolvidos, afetam fortemente a solubilidade de muitos íons, particularmente alguns micronutrientes e fosfatos, tornando-os indisponíveis às plantas (BOLT, 1978). Essas condições, por sua vez, limitam severamente o crescimento das plantas e, por conseguinte, a produtividade agrícola (VIÉGAS e SILVEIRA, 1999) tanto em espécies halófitas quanto em espécies não halófitas (Brugnoli e Lauteri, 1991). Em plantas não halófitas, a taxa de crescimento é geralmente reduzida mesmo em baixos níveis de salinidade (FOUGÈRE et al., 1991), contudo, há ainda uma larga variabilidade entre elas

oscilando de extremamente sensíveis a espécies altamente tolerantes à salinidade (GREENWAY e MUNNS, 1980).

As plantas apresentam, em geral, grandes reduções no crescimento e produtividade quando cultivadas nos solos salinos (LACERDA, 1995). A intensidade de redução no crescimento de diferentes espécies provocada pela salinidade é bastante variável. No extremo superior da capacidade de tolerância ao excesso de sais estão as plantas halófitas. Neste grupo de plantas, a presença de excesso de sais, dentro de determinados limites, estimula o crescimento dessas espécies. Por outro lado, no extremo inferior de tolerância à salinidade encontram-se as espécies muito sensíveis, as glicófitas (BOHNERT et al. 1995). Porém, a sensibilidade à salinidade não difere apenas entre as espécies, mas também entre variedades ou cultivares de uma mesma espécie, e nas diferentes fases do ciclo da planta (MAAS e HOFFMAN, 1977; FRANÇOIS, 1985).

Os efeitos da salinidade podem variar em função de diversos fatores. Além da variabilidade genética, eles são dependentes das concentrações de sais, da magnitude do decréscimo no potencial da água, dos efeitos tóxicos dos íons e da duração do estresse. No caso de exposição de curta duração, os efeitos do NaCl são, em geral, mais de natureza osmótica, induzindo reduções na absorção de água. No caso de longos períodos, a acumulação de Na^+ e Cl^- , principalmente nas folhas, poderá provocar redução do crescimento, senescência e necrose (YEO et al., 1991).

2.3 Fisiologia e bioquímica do estresse salino

Quando plantas halófitas e outras não halófitas são submetidas à presença de NaCl, observa-se inicialmente aumento na absorção iônica, particularmente dos íons, de Na⁺, e de Cl⁻ em resposta ao aumento das concentrações externas. Com o decorrer do estresse salino, na maioria das plantas cultivadas, ocorrem aumentos pronunciados nas concentrações de alguns solutos orgânicos (NIU et al., 1995; BOHNERT et al., 1995). O mecanismo de resposta que leva à acumulação de solutos inorgânicos e orgânicos em tecidos vegetais, provocando diminuição no potencial osmótico celular, é denominado de ajustamento osmótico (SALISBURY e ROSSI, 1992). O ajustamento osmótico permite que as plantas mantenham um turgor celular compatível com o crescimento (ZIMMERMANN, 1978). Esse processo envolve transporte, acumulação e compartimentação de íons inorgânicos e solutos orgânicos (SPICKETT et al., 1992). A diminuição no potencial osmótico também minimiza as perdas de água a partir das folhas, particularmente em condições de elevada demanda evapotranspiratória (GIRMA e KRIEG, 1992).

As plantas cultivadas, de uma maneira geral, apresentam diferentes respostas à salinidade, variando desde sensíveis a tolerantes (MAAS e HOFFMANN, 1977). Entre as mais sensíveis encontram-se principalmente, as árvores frutíferas, como o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), a laranjeira (*Citrus sinensis*) e a macieira (*Malus sylves*). Já o algodão (*Gossypium hirsutum*) e a Cevada (*Hordeum vulgare*) estão entre as mais tolerantes (GIRMA e KRIEG, 1992).

Plantas que são muito sensíveis à salinidade, ao serem submetidas a estresse salino, permitem toxicidade por excesso de sal absorvido, promovendo, com isso, desbalanceamento e danos ao citoplasma, resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas (LIMA, 1997).

A baixa tolerância à salinidade, observada em algumas plantas, está relacionada a pouca habilidade para tolerar ou prevenir altos níveis de íons salinos na parte aérea. Portanto, a tolerância pode depender da capacidade das raízes de limitar o acesso de Na^+ e Cl^- , até a parte aérea (MUNNS, 1993).

A aquisição e distribuição do íon Na^+ por plantas cultivadas em ambiente salino, em grandes concentrações, mais em níveis não tóxicos, tem sido amplamente demonstrada, sendo este fato exemplificado por aqueles casos em que a compartimentalização do íon Na^+ é acompanhada por sua exclusão da parte aérea (CHEESEMANN, 1988). A exclusão do íon Na^+ , das folhas em desenvolvimento, e sua preferencial acumulação nas folhas mais velhas têm sido observadas em arroz (YEO e FLOWERS, 1982) e em cajueiro (VIÉGAS, 1999). Em cajueiro, a exclusão de Na^+ ocorre das folhas em desenvolvimento para as folhas maduras e raízes. Mas, de acordo com VIÉGAS (1999), esse fenômeno somente se manifesta nos estágios iniciais do estresse salino. Esse processo, em plantas jovens de cajueiro, sofre uma ruptura com o aumento do tempo de exposição à salinidade, uma vez que a plasmalema perde sua integridade por efeito da concentração externa de Na^+ (VIÉGAS e SILVEIRA, 1999). Outros trabalhos têm mostrado, em várias espécies de plantas, que o crescimento da parte aérea é bem

mais sensível à salinidade que o crescimento das raízes (MUNNS e TERMAAT, 1986; ZIDAN et al., 1990; SILVEIRA et al., 1999).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em Patos - PB, no período de junho a julho de 2000, utilizando-se plantas jovens de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.).

Sementes de cajueiro (CCP - 09), procedentes da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária - EMBRAPA, Fortaleza-CE, foram semeadas em vasos plásticos (5 sementes por vaso) contendo 2,5 dm³ de areia previamente lavada. Durante o período de germinação, o substrato foi irrigado a intervalos de 24 horas com água destilada. A emergência total das plantas se deu em um período de até 10 dias. Decorridos 22 dias do semeio (plantas com 12 dias de idade), procedeu-se a um desbaste deixando-se 1 planta por vaso. Nessa ocasião, as plantas de cajueiro passaram a ser irrigadas com a solução nutritiva (pH = 5,5) de Hoagland e Arnon com 1/2 da sua força iônica original, por um período de 3 dias. Após esse período, a força iônica da solução nutritiva foi elevada para 1/1 durante 7 dias. Nessa fase, adicionaram-se à solução nutritiva 25, 50, 75 e 100 mol m⁻³ de NaCl. As plantas jovens de cajueiro cultivadas sem a presença de NaCl, na solução nutritiva, foram tomadas como controle experimental.

Decorridos 20 dias do início dos tratamentos, procedeu-se a colheita das plantas que foram cortadas na altura da cicatrização dos cotilédones e separadas em parte aérea e raízes. As raízes foram lavadas com água destilada em excesso para completa remoção dos sais. O material vegetal coletado (raízes e parte aérea) foi submetido à secagem, a 90 °C, em estufa de circulação forçada de ar, até obtenção de peso constante (aproximadamente 3 dias). Após a secagem, o peso da massa seca foi determinado e, subsequentemente, o material vegetal foi moído para posteriores análises e determinações de seus teores em K⁺, Cl⁻ e Na⁺.

A temperatura média no interior da casa de vegetação, durante o período de condução do experimento, variou de 33 a 36^o durante o dia e de 25 a 28^o durante a noite. A umidade relativa do ar manteve-se no intervalo de 35 e 50% durante o dia e a noite, respectivamente. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos, e 5 repetições.

3.2 Análise e determinação dos teores em Cl⁻

Para determinação da concentração de cloreto no tecido vegetal (parte aérea e raízes), foi utilizado o método da titulação com nitrato de prata (SILVEIRA et al., 1999). Para isto, 100 mg de tecido vegetal foram acondicionadas em erlenmeyer, contendo 25 mL de água destilada. O conjunto foi submetido a uma extração, em agitador horizontal, a 100 rpm, durante 10 minutos. Após filtração, 10 mL do sobrenadante foram tratados com 1,0 mL de cromato de potássio (K₂ Cr O₄) a 5%,

e titulados com nitrato de prata (Ag NO_3), 28 mmol dm^{-3} , até uma coloração marrom pálida ser atingida.

3.3 Análise e determinação dos teores em Na^+ e K^+

Amostras de 100mg de tecido vegetal foram mineralizadas por via úmida, empregando a digestão Nitricoperclórica (SARRUGE e HAAG, 1974), e seus teores em Na^+ e K^+ foram determinados por fotometria de chama (SILVEIRA et al., 1999).

3.4 Análise e determinação de N total

Amostra de 100 mg de tecido vegetal (folhas), previamente secas em estufa, foram adicionadas em tubos de microdestilação contendo 1,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1,1 g de uma mistura catalisadora composta por sulfato de potássio, sulfato de cobre e selênio, na proporção em massa de 100/10/1, respectivamente. Posteriormente, esses tubos foram acondicionados em placa digestora quando então se iniciou o processo de mineralização. A temperatura da placa foi elevada gradualmente até atingir 350°C . Ao final do processo de mineralização, observada pela modificação da cor no meio de reação, o conteúdo de cada tubo foi ressuspenso com água destilada (aproximadamente 20 mL), o qual recebeu 0,3 mL de fenofaleína, a 3%, e 10 mL de NaOH 30%. Nessa etapa,

os tubos foram submetidos a uma micro destilação (MALAVOLTA et al., 1989) sendo a fase líquida recuperada em erlenmeyer, contendo 6,0 mL de uma solução de ácido bórico. O conteúdo de cada erlenmeyer foi titulado com uma solução $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ de HCl. O percentual de nitrogênio total foi determinado mediante a multiplicação do volume gasto na titulação (menos prova em branco) pela normalidade do HCl.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A produção de massa seca total das plantas jovens de cajueiro (Figura 1A), foi consideravelmente reduzida em resposta às concentrações de NaCl utilizadas neste trabalho. Estes decréscimos alcançaram 11, 33, 27 e 44% em 25, 50, 75, e 100 mol m⁻³ de NaCl, respectivamente, em relação aos valores observados para as plantas controle. Em termos absolutos, a parte aérea (Figura 1B, C) e as raízes contribuíram similarmente com a queda da produção de massa seca total acumulada, em resposta à salinidade. Como exemplo, na maior concentração de NaCl utilizada a redução na produção de massa seca total foi próxima a 50%, em ambas as partes da planta. Contrariamente aos resultados observados no presente trabalho, tem sido constatado que, em várias espécies de plantas, o crescimento da parte aérea (com base na massa seca produzida e acumulada) é bem mais sensível à salinidade que o crescimento da raiz. (ZIDAN et al., 1990; SILVEIRA et al., 1999; WANDERLEY, H. R., 2002). Por exemplo, em plantas jovens de algarobeira as massas secas da parte aérea e das raízes foram reduzidas em 20 e 11%, nas plantas de jurema em 45 e 37%, e nas plantas de leucena em 61 e 52%, respectivamente, em resposta a 100 mol m⁻³ de NaCl (WANDERLEY, H. R., 2002).

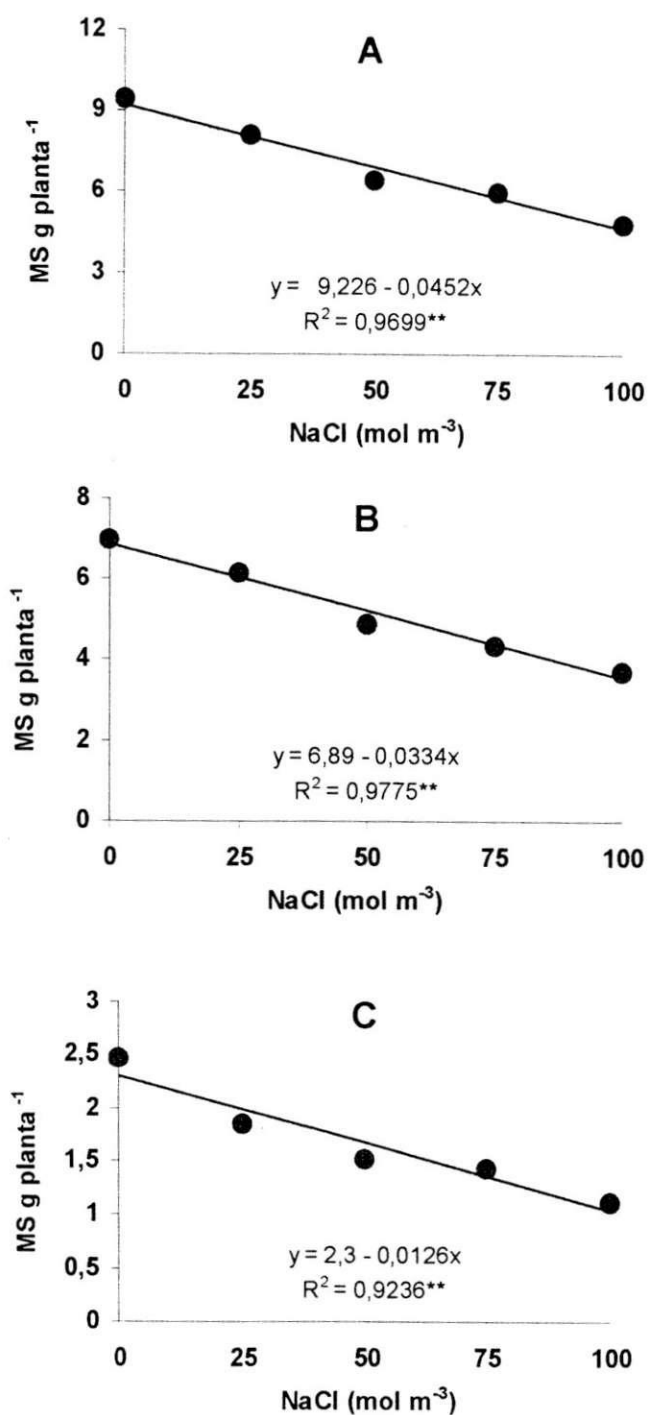


Figura 1. Acumulação de massa seca (MS) total (A) na parte aérea (B) e nas raízes (C), em plantas jovens de cajueiro (CCP- 09), em resposta a diferentes níveis de salinidade na solução nutritiva. ******significativo ($p = 0,01$).

De forma geral, tem sido sugerido que esta tendência de menores decréscimos na produção de massa seca das raízes em condições de salinidade é, em parte, explicada por aumentos na exportação de carboidratos e proteínas da parte aérea até as raízes (VIÉGAS e SILVEIRA, 1999) permitindo que o crescimento radicular seja privilegiado mesmo em condições restritivas de cultivo. É, portanto, provável, que uma das causas relacionadas com a grande sensibilidade das plantas de cajueiro à salinidade seja o seu modelo de partição de carboidratos em condições restritivas de crescimento.

As plantas jovens de cajueiro, submetidas à presença de diferentes concentrações de NaCl exibiram, como tendência, acumulação de Na^+ e de Cl^- nas folhas (Figura 2A, B), bem próximas àquelas encontradas nas raízes (3A, B). Adicionalmente, as concentrações internas de K^+ foram aumentadas na parte aérea (Figura 2C) e, contrariamente, fortemente reduzidas nas raízes (Figura 3C), por efeito da salinidade. Desta forma, o modelo apresentado pelas plantas de cajueiro, relativamente à acumulação de íons salinos, mostra que as raízes não foram suficientemente hábeis em prevenir uma acumulação excessiva de Na^+ e Cl^- na parte aérea. Portanto, é esperado que vários processos fisiológicos e bioquímicos sejam afetados, por essas condições. Tem sido amplamente observado que o excesso de íons de Na^+ e de Cl^- , no citosol celular, afeta a atividade das enzimas, causando mudanças quantitativas e qualitativas no metabolismo das plantas, as quais resultam em baixa produção de energia, distúrbios na assimilação de nitrogênio e no metabolismo de proteínas, o que é

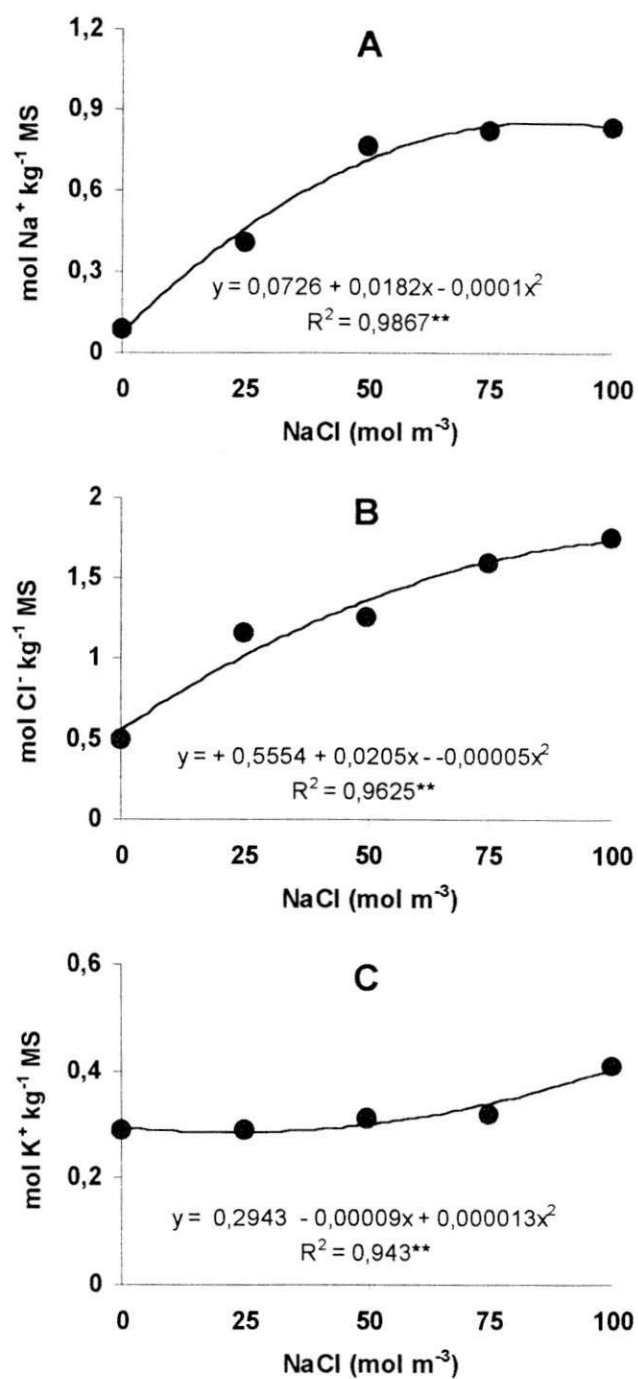


Figura 2. Concentrações de Na⁺ (A), Cl⁻ (B) e K⁺ (C) na parte aérea, em plantas jovens de cajueiro (CCP – 09), em resposta a diferentes níveis de NaCl na solução nutritiva. ** Significativo (P = 0,01).

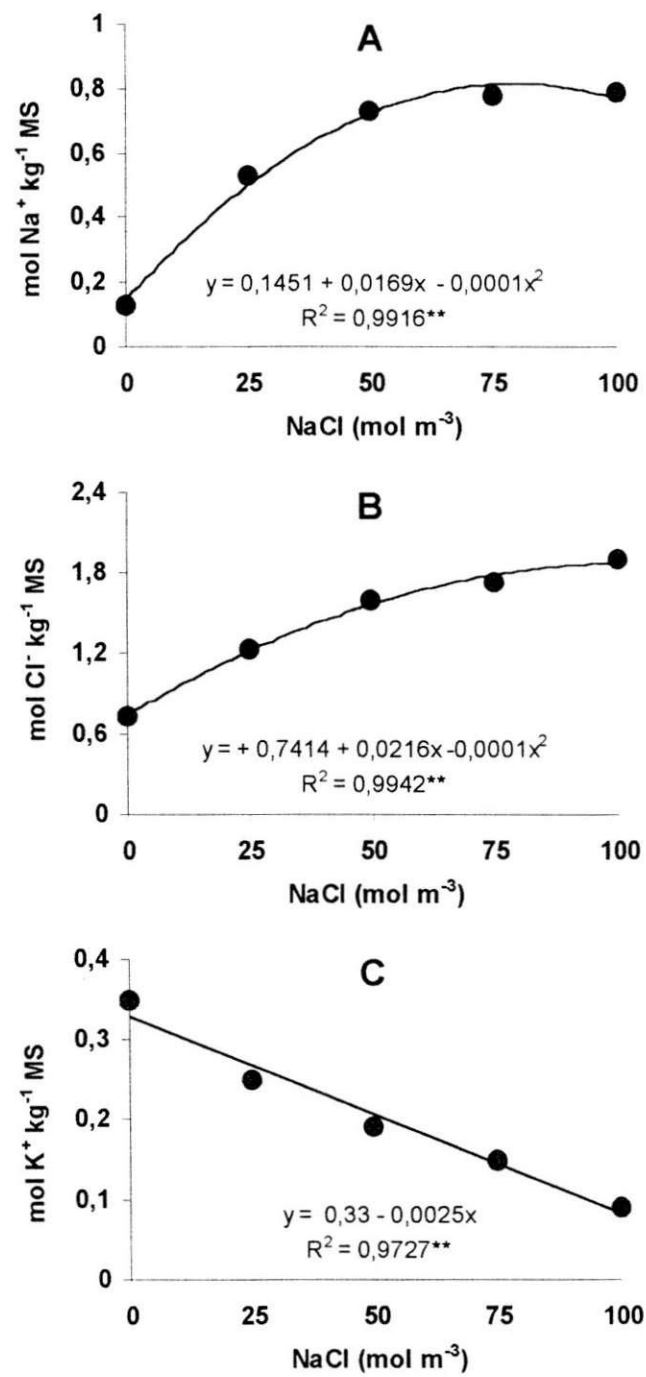


Figura 3. Concentrações de Na⁺ (A), Cl⁻ (B) e K⁺ (C) nas raízes, em plantas jovens de cajueiro (CCP - 09), em resposta a diferentes níveis de NaCl na solução nutritiva. ** Significativo (P = 0,01).

refletido na redução da produção de massa seca e na taxa de crescimento das plantas (LARCHER, 1986).

A princípio, reduções na taxa de crescimento das plantas, em função de níveis elevados de salinidade, pode ser em parte consequência da necessidade de um eficiente ajustamento osmótico celular, o que pode ser conseguido pelo acúmulo de solutos orgânicos, a exemplo de proteínas e aminoácidos (WILLIAMSOM e COSTON, 1989), e inorgânicos, a exemplo de K^+ . Neste último caso, aumentos na concentração interna de K^+ , por efeito da salinidade, pode ser indicativo de melhorias do status hídrico atual da planta induzida, em parte, por mecanismos de ajustamento osmótico celular. Contudo, apesar de ter havido aumentos nítidos nos teores de K^+ (Figura 2C), na parte aérea das plantas de cajueiro, com o aumento da salinidade, não constataram-se efeitos benéficos deste comportamento em relação ao crescimento da espécie em estudo. Contrariamente, em todos os níveis de salinidade testados as plantas de cajueiro exibiram sintomas típicos de senescência precoce. É de se esperar, portanto, que os efeitos de toxicidade iônica por íons de Na^+ e de Cl^- tenham prevalecido. Corroborando esses resultados, algumas espécies de plantas sensíveis à toxicidade iônica mostraram também um claro estímulo da absorção de K^+ em condições de estresse salino (CHEESEMAN, 1995).

Por outro lado, os decréscimos observados na acumulação de K^+ nas raízes, com aumento da concentração de NaCl no meio de crescimento, podem estar

relacionados com incrementos no efluxo deste nutriente devido a uma maior permeabilidade da membrana radicular por efeito da salinidade. Ademais, podem ser também decorrentes de um menor fluxo de NO_3^- para a parte aérea da planta (SILVEIRA,1985). Assim, uma análise ainda que superficial sobre as conseqüências da dinâmica de acumulação dos íons Na^+ , Cl^- e K^+ em tecidos de folhas e raízes de plantas de cajueiro permite inferir que, somente em condições muito amenas de estresse salino, poderá haver uma compatibilização entre as taxas de absorção de destes íons e o crescimento desta espécie. Fato que, de forma geral, se constitui na condição mais importante para o estabelecimento de uma efetiva tolerância da planta à salinidade.

Uma visão da dinâmica de acumulação de íons de K^+ e Na^+ , em condições de salinidade, pode ser obtida mediante análise da relação K^+/Na^+ (Figura 4A, B). Tanto na parte aérea quanto nas raízes, a relação K^+/Na^+ na plantas controle foi, aproximadamente, 3. Com o aumento da salinidade, esse valor foi consistentemente reduzido atingindo, no maior nível de salinidade, valores inferiores a 0,5, portanto uma redução aproximada de 87%. Bottacin et al. (1984), encontraram, em condições de salinidade, uma relação K^+/Na^+ de 1,46 para genótipos resistentes e de 0,64 (valor bem acima do encontrado para as plantas de cajueiro) para genótipos sensíveis à salinidade. Estes autores concluíram, que a resistência à salinidade é caracterizada pela manutenção de uma relação K^+/Na^+ compatível com os requerimentos metabólicos da planta. Tem sido estabelecido para as plantas superiores um mecanismo duplo de absorção de K^+ , com alta e

baixa afinidade por este íon, o qual se ajusta de acordo com o estímulo ambiental (NIU et al., 1995; MAATHIUS et al., 1996). É possível, que plantas que apresentem uma alta seletividade K^+/Na^+ o sistema de absorção de K^+ alcance um estágio com alta afinidade por este íon e estabeleça, com isto, uma redução no influxo de Na^+ .

Como anteriormente comentado, dentre as modificações induzidas pela salinidade no metabolismo geral da planta aquelas associadas ao processo de assimilação de N têm assumido posição de destaque (LARCHER, 1986). Desta forma, considerando a reduzida produtividade de espécies glicófitas em condições de salinidade, a assimilação de N assume posição de destaque em plantas expostas ao estresse salino ou a outras formas de estresse ambiental. É interessante ressaltar, que em condições de salinidade não somente a assimilação de NO_3^- é requerida para o crescimento das plantas mas, também, alguns dos seus metabólitos derivados podem ser utilizados no ajustamento osmótico celular (SILVEIRA et al., 2001). A partir desta evidência, tem sido sugerido que uma acentuada sensibilidade da planta às variações induzidas pela salinidade tanto na absorção quanto na assimilação de NO_3^- levam, como resposta, a uma severa consequência dos efeitos negativos induzidos pela salinidade sobre o metabolismo geral da planta (VIÉGAS e SILVEIRA, 1999). No presente estudo, o efeito deletério da salinidade, impresso em vários parâmetros analisados e discutidos, é fielmente refletido nas reduções observadas nos teores de N total da parte aérea (Figura 4C). Essas reduções, certamente, indicam ocorrência prematura do processo de senescência induzido pela salinidade.

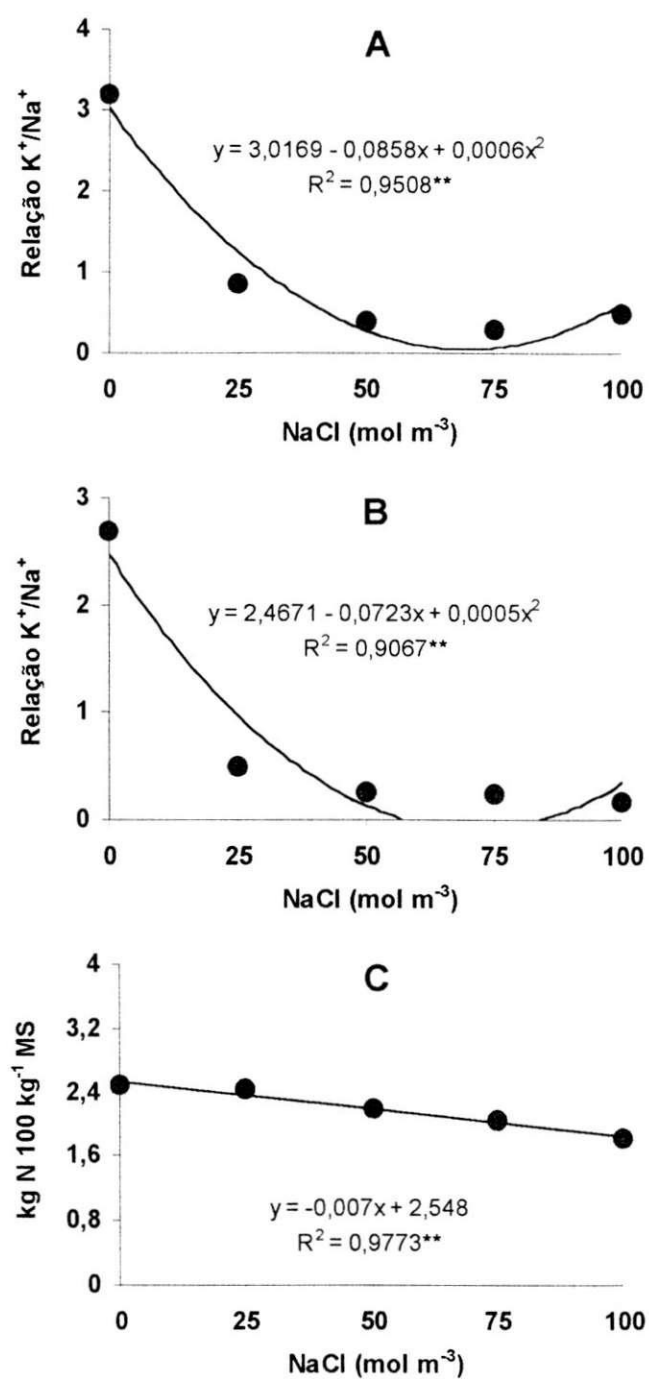


Figura 4. Relação K^+/Na^+ na parte aérea (A) e nas raízes (B) e teores de N total, em plantas jovens de cajueiro (CCP – 09), em resposta a diferentes níveis de NaCl na solução nutritiva. ** Significativo ($P = 0,01$).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que a salinidade, por NaCl, afetou de forma diferenciada a produção de massa seca e a acumulação de íons, entre parte aérea e raízes, sugerindo que os efeitos nocivos da salinidade foram dependentes do tipo de tecido. As plantas jovens de cajueiro exibiram alta sensibilidade ao NaCl em decorrência, provavelmente, da acumulação de íons de Na^+ e Cl^- em níveis não compatíveis com o crescimento da planta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALL, M. C.; MELHORN, R. J.; TERRY, N.; PACKER, L. Electron spin resonance studies of ionic permeability properties of thylakoid membranes. *Plant Physiology*, Rockville, v. 78, p. 1-3, 1985.

BLUMWALD, E.; MEHLHORN, R. J.; PACKER, L. Ionic osmoregulation during plant salt adaptation. *Plant physiology*, Rockville, v. 73, 377-380, 1983.

BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN R.G. Adaptations to environmental stress. *The Plant Cell*, v.7, p. 1109 –1111. 1995.

BOLT, G. H. *Soil Chemistry. A. Basic Elements*. New York. Elsevier Scientific Publishing Company. 1978. 281 p.

BOTTACIN, A.; CACCO, G.; SACCOMANI, M. Nitrogen absorption and assimilation in NaCl-resistant and NaCl-susceptible millet genotypes (*Pennisetum americanum*). *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 63, p. 517-520, 1984.

BRUNGOLI, E; LAUTERI, M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium hirsitium* L) and salt -sensitive (*Phaseolus vulgaris* L) C3 nonhalophytes. Plant Physiology, Rockville, v.95, p. 628 – 635. 1991.

CHEESEMAN ,J. M. An effects of Na⁺ on K⁺ uptake in intact seedlings of Zea mays. Physiology Plantarum. 64: 24 – 246, 1995.

CHESEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. Plant Physiology, Rockville, v. 87, p. 547-550, 1988.

FOUGÈRE, F.; D. Le RUDILIER; STREETER, J. G. Effects of salt stress on amino acids, organic acids, and carbohydrate composition of roots, bacteriods and cytosol of alfafa (*Medicago sativa* L.). Plant Physiology, Rockville, v. 96, p. 1228-1236, 1991.

GIRMA, F. S.; KRIEG, D. R. Osmotic adjustment in sorghum. I. Mechanisms of diurnal osmotic potential changes. Plant Physiology, Rockville, V. 99, p. 577. 1992.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of tolerance in non – halophytes. Annual Review of Plant Physiology, v. 31, p. 149 – 190. 1980.

LACERDA, C. F. Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão - de -corda (*Vigna unguilata*(L) WALP) e utilização do Ca² como meio para minorar tais efeitos . Fortaleza, 87 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 1995.

LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal. São Paulo: EPU, 1986. 319p.

LIMA, L. A . Efeitos de sais no solo e na planta .GHEYI,H. R.; QUEIROZ J. E; MEDEIROS, J. F. (ed.), Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997, 383 p.

LUCENA, E. R. Efeito da aplicação do fosfogesso em um solo salino – sódico . Piracicaba, 234 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo, 1986.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Eusent Assessment journal of Irrigation and Drainage Division , ASCE, v.3, p. 115 – 134, 1997.

MAATHIUS, F. J. M.; DAWN VERLIN, F.; SMITH, F. A.; SANDERS, D.; FERNÁNDEZ, J. A.; WALKER, N. A. The physiological relevance of Na⁺- coupled K⁺-transport. Plant Physiology, Rockville, v. 112, p. 1609-1616, 1996.

MALAVOLTA, E. VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estudo nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.

MUNNS, R. Physiological process limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypothesis. *Plant Cell Environment*. v.16, p. 757 – 766, 1993.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.13, p.143-160, 1986.

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M.; PARDO, J. M. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology*, Rockville, v.109, p.735-742, 1995.

PAPP, J. C.; BALL, M. C.; TERRY, N. A comparative study of the effects of NaCl salinity on respiration, photosynthesis, and leaf extension growth in *Beta vulgaris* L. *Plant Cell and Environment*, v. 6 , p. 675-677, 1984.

PERREIRA, J. R. Solos Salino Sódico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15. Campinas, 1982. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1983, p. 127- 143.

SALIBURY, F. B.; ROSSI, C. W. Plant physiology. 4 ed. Wadsworth Publishing Company. California. P. 735-784. 1992.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análise química de plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Quiroz, 56p. 1974.

SILVA, V. V. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Coleção 500 perguntas 500 respostas, Embrapa-CNPAT. Fortaleza-CE, 1998, 220 P.

SILVEIRA, J. A. G.; CARDOSO, B. B.; MELO, A. R. B.; VIÉGAS, R. A. Salt-induced decrease in nitrate uptake and assimilation in cowpea plants. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Viçosa, v.11(2), p. 77-82, 1999.

SILVEIRA, J. A. G.; MELO, A. R. B.; VIÉGAS, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. Environmental and Experimental Botany, Memphis, v. 46, p. 171-179, 2001.

SILVEIRA, J. G. Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento de cana-de-açúcar. Tese de Doutorado. USP/ ESALQ, Piracicaba-SP, 1985, 154 p.

SPICKETT, C. M.; SMIRNOFF, N.; RATCLIFFE, R. G. Metabolic responses of maize roots to hyper osmotic shock. Plant Physiology, Rockville, v.99, p.856-863, 1992.

TERRY, N.; WALDRON, L.J. Salinity, photosynthesis, end leaf growth. *Cell and Environment*, v. 8, p. 207 – 211, 1985.

VIÉGAS, R. A. Assimilação de nitrogênio e acumulação de solutos em plantas de cajueiro em resposta ao estresse salino. Fortaleza: UFC, 85 p, Tese de Doutorado, 1999.

VIÉGAS, R.A; SILVEIRA, J.A.G. Ammonia assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long term exposure to NaCl-salinity. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. Viçosa, v. 11(3), p. 153-159, 1999.

WANDERLEY, H. R. Crescimento e distribuição de Na^+ , K^+ e Cl^- em plantas jovens de algaroba, angico, jurema-preta e leucena em resposta ao estresse salino. Patos (PB), 30 p., Monografia de Graduação, 2002.

WILLIAMSON, J.G.; COSTON, D. C. The relationship among root growth, shoot growth and fruit growth of peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, v. 114(2), p. 180-83, 1989.

YEO, A. R.; FLOWERS, T. J. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 59, p. 189-195, 1983.

YEO, A. R.; LEE, K. S.; IZARD, P.; BOURSIER, P. J.; FLOWERS, T. J. Short – and – Ion – term effects of salinity on leaf growth in rice (*Oryza sativa* L.). J. Exp. Bot., v. 42,p.881-889.1991.

ZIDAN,I.;AZAIZEH,H.; NEUMANN,P.M. Does salinity reduce growth in maize root epidermal cells by inhibiting their capacity for cell wall acidfication? Plant Physiology, Rockville, v. 93, p. 7-11, 1990.

ZIMMERMANN, U. Physics of turgor and osmo-regulation. Annual Rer Plant Physiology. v.29, p.121 – 148, 1978.

UFPPB - BIBLIOTECA