



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**CRESCIMENTO DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS CULTIVADAS  
EM DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA**

**MARIA BETÂNIA RODRIGUES SILVA**

**Campina Grande - Paraíba**  
**Março - 2001**

---

**MARIA BETÂNIA RODRIGUES SILVA**

Engenheira Florestal

**CRESCIMENTO DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS CULTIVADAS EM  
DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA**

**ORIENTADORES: Prof. Dr. JOSÉ ELENILDO QUEIROZ**

**Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI**

---

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, área de concentração em Irrigação e Drenagem, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre (M. Sc.)

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

Março - 2001



FICHA CATALOGRÁFICA

S 586

Silva, Maria Betânia Rodrigues

Crescimento de cinco espécies florestais cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água.

Maria Betânia Rodrigues Silva. – Campina Grande: UFPB, 2001.

81p: il.

Dissertação (Mestrado) – UFPB / DEAG

Inclui Bibliografia.

1. Salinidade da Água
2. Irrigação
3. Espécies Florestais

CDU: 631.413.3

Aos meus pais Francisco Ferreira da Silva e Josefa Rodrigues Silva, que me fizeram perceber que na vida não há caminhos, fazemos nosso caminho ao andar.

## DEDICO

*“Olhem as velhas árvores, mais belas  
Que as árvores novas, mais amigas  
Tão mais belas quanto antigas vencedoras  
da idade e das procelas”.*

*Olavo Bilac*

Aos meus futuros filhos, que nasçam, cresçam, e caminhem dignamente pelas trilhas que percorri e retirei os espinhos.

OFEREÇO

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

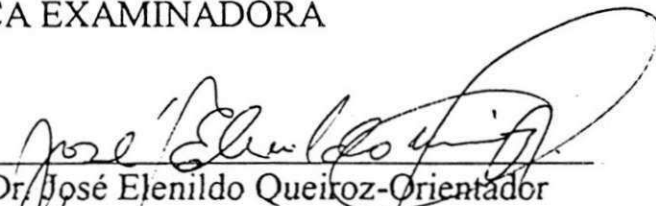
**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA**

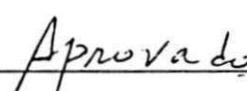
**MARIA BETÂNIA RODRIGUES SILVA**

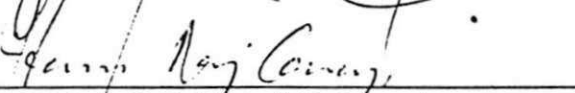
Título: "Crescimento de cinco espécies florestais cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água".

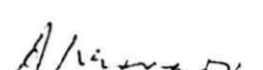
**BANCA EXAMINADORA**

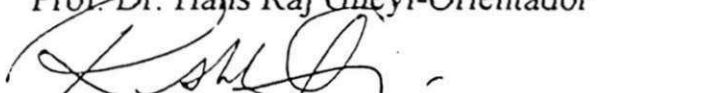
**PARECER**


  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Elenildo Queiroz-Orientador

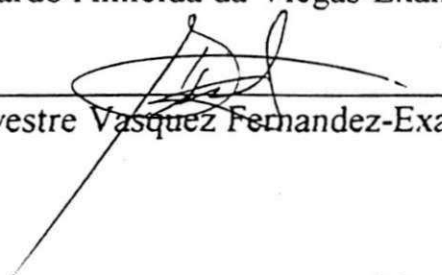
  
\_\_\_\_\_  
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Hans Raj Ghayi-Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Almeida da Viégas-Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Silvestre Vasquez Fernandez-Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Aprovado

MARÇO - 2001

## AGRADECIMENTOS

A Deus ser único e verdadeiro, que nunca deixou acabar minha esperança, encarregando-se de sempre me reabastecer de forças nos momentos, que pensei no impossível.

A natureza pelo encargo da perfeição, onde tudo que te pertence nasce, cresce, reproduz e morre, mas nunca perde a sua beleza, algo de minha grande admiração.

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de realização desse curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, a qual contribuiu significativamente durante esse período.

Aos meus familiares que acreditaram na minha conquista, em especial aos meus irmãos, primos, tios e avós. Especialmente ao meu adorado irmão Juniely, razão de minha alegria, meu verdadeiro amor.

Aos orientadores Dr. Hans Raj Gheyi e Dr. José Elenildo Queiroz pelos conhecimentos repassados e pelos momentos que buscaram compreensão.

Ao Engenheiro Florestal Dr. Ricardo Almeida Viégas, pela brilhante colaboração, e total empenho no propósito da melhoria deste trabalho, e também pelo bom relacionamento profissional que expressa.

Ao Professor Dr. Silvestre Fernandez Vásquez, pelo estímulo oferecido, e principalmente pela confiabilidade investida, fazendo-me acreditar que na vida sempre somos capazes.

Ao bolsista Josenildo Ferreira da Costa Júnior, pela colaboração e responsabilidade que apresentou durante a realização desta pesquisa.

Para a bibliotecária Maria de Lourdes Lopes Torres, pelas orientações repassadas, contribuindo na melhoria deste trabalho.

Aos professores Departamento de Engenharia Agrícola que contribuíram para minha evolução profissional, especialmente para Dr. Pedro Dantas Fernandes, Dr. José Elias da Cunha Metri e Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra que além de bons mestres, sempre souberam ser amigos não se limitando em ser apenas professores.

Ao professor Dr. João Gil de Luna, que não mediu esforços na contribuição da parte estatística desta pesquisa.

A secretaria da Pós - Graduação Rivanilda que sempre considerei uma estrela, pois nunca perdeu seu brilho.

Ao ilustre João Rodrigues de Sousa, pela força, carinho e dedicação, e em especial pela virtude da alegria.

Para Lyndon Jonhson Rodrigues de Albuquerque, mais que um amigo, um irmão, pelos momentos de apoio e pela grandeza da positividade.

A todos os colegas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola que souberam compreender-me e de uma maneira ou de outra fizeram parte dessa trajetória. Principalmente para Marineide Diniz, Sérgio Assis, Luis Nery, Andréa Britto, Omar Cruz, Paulo Torres, Lima Júnior, Florício, Lázaro Costa, Frederico, Daniel e Adilson.

Aos amigos(as) Masileu Soares, Abigail, Wagner, Crisóstomos, Willymmy e Wellington, que atuaram como uma verdadeira família, oferecendo-me, carinho, e credibilidade, pessoas bastantes especiais que encontrei, enquadrando-se como um capítulo na história de minha vida.

Para o Engenheiro Florestal Gorgônio Maurício da Nóbrega Neto, que sempre permaneceu com sua verdadeira amizade e pela tão importante convivência.

Para todos os funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade, especialmente Wilson, pela complexidade de suas atitudes.

Para os obstáculos e desafios, pois próximos a eles, encontrei algo que me proporcionou momentos importantes, os quais serão lembrados por muito tempo.

Finalmente a todos as pessoas que se disponibilizaram de alguma colaboração.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b>	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	viii
<b>LISTA DE APÊNDICES</b>	x
<b>RESUMO</b>	xi
<b>ABSTRACT</b>	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	17
2.1. Considerações gerais e importância econômica das espécies	17
2.1.1. Craibeira ( <i>Tabebuia caraiba</i> Bur.)	17
2.1.2. Favela ( <i>Cnidosculus phyllacanthus</i> Pax. & K. Hoffm)	18
2.1.3. Jurema-preta ( <i>Mimosa hostilis</i> Benth)	18
2.1.4. Pau-ferro ( <i>Caesalpinia ferrea</i> Benth-Ducke)	19
2.1.5. Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.)	20
2.2. A salinidade e o crescimento das plantas	20
2.3. Ajustamento osmótico e adaptação de plantas à salinidade	24
2.4. Qualidade de água de irrigação	27
2.5. Efeitos da salinidade da água nas propriedades do solo	28
2.6. A salinidade e o crescimento das plantas superiores	30
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	33
3.1. Localização e caracterização da área experimental	33
3.2. Delineamento experimental	33
3.3. Solo	34
3.4. Preparação das águas de irrigação	35
3.5. Condicionamento dos vasos para plantio	37
3.6. Variáveis analisadas	38
3.6.1. Solo	38
3.6.2. Planta	39
a) Altura da parte aérea (APA)	39
b) Diâmetro do coleto (DC)	39



c) Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca das raízes (MSR)	40
d) Taxa de crescimento relativo (TCR)	40
3.7. Análises estatísticas	40
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>41</b>
4.1. Estudos do solo	41
4.1.1. Características químicas do solo antes e no final do experimento	41
4.1.2. Volume de água aplicado e drenado	45
4.2. Efeito da salinidade da água no crescimento inicial de cinco espécies florestais	47
4.2.1. Altura da parte aérea (APA)	47
4.2.2. Diâmetro do coleto (DC)	54
4.2.3. Produção e acumulação de massa seca da parte aérea e das raízes	58
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>65</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>67</b>
<b>7. APÊNDICES</b>	<b>79</b>

**LISTA DE TABELAS**

	Página
Tabela 1. Classificação da água para a irrigação quanto ao risco de salinidade.	27
Tabela 2. Características físico-hídricas e químicas do material de solo utilizado no experimento.	34
Tabela 3. Características químicas da água utilizada para irrigação das plantas controle.	36
Tabela 4. Volumes de sais e água utilizados no preparo das soluções de irrigação.	36
Tabela 5. Características químicas do solo no final do experimento.	44
Tabela 6. Volume total de água aplicado e drenado ( $\text{dm}^3$ ) nas plantas de craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá, em cada tratamento, ao longo do período experimental.	46
Tabela 7. Resumo de ANOVA e médias para APA da craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá cultivadas em condições de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	51
Tabela 8. Resultados da taxa de crescimento relativo (TCR) em altura das espécies estudadas, em diferentes períodos de avaliação.	53
Tabela 9. Resumo de ANOVA e médias para DC da craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá cultivadas em condições de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	54
Tabela 10. Resumo de ANOVA e médias para MSPA e MSR da craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá cultivadas em condições de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	60

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Sistema utilizado para coleta da água de drenagem.	38
Figura 2. Relação média entre CEa e CEes do solo em diversas espécies florestais após 120 DAT.	43
Figura 3. Incrementos médio de altura da parte aérea em plantas de craibeira (A) e de favela (B), aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	48
Figura 4. Incrementos médio de altura da parte aérea em plantas de jurema-preta (A) e pau-ferro (B), aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	49
Figura 5. Incrementos médio de altura da parte aérea em plantas de sabiá, aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	51
Figura 6. Altura da parte aérea das espécies craibeira (A) e pau-ferro (B), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 DAT.	52
Figura 7. Incrementos médio de diâmetro do coleto em plantas de craibeira (A) e de favela (B) aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	55
Figura 8. Incrementos médio de diâmetro do coleto em plantas de jurema-preta (A) e de pau-ferro (B) aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	56
Figura 9. Incrementos médio de diâmetro do coleto em plantas de sabiá aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	57
Figura 10. Diâmetro do coleto das espécies craibeira (A), pau-ferro (B) e sabiá (C), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos.	58

- Figura 11. Massa seca da parte aérea, das espécies craibeira (A), favela (B) pau-ferro (C) e sabiá (D), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 DAT. 61
- Figura 12. Massa seca da raiz das espécies craibeira (A), favela (B) jurema-preta (C), pau-ferro (D) e sabiá (E), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos. 63

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1.	Foto da espécie florestal craibeira ( <i>Tabebuia caraiba</i> Bur.)	79
Apêndice 2.	Foto da espécie florestal favela ( <i>Cnidosculus phyllacanthus</i> Pax. & K. Hoffm)	79
Apêndice 3.	Foto da espécie florestal jurema-preta ( <i>Mimosa hostilis</i> Benth)	80
Apêndice 4.	Foto da espécie florestal pau-ferro ( <i>Caesalpinia ferrea</i> Benth.- Ducke)	80
Apêndice 5.	Foto da espécie florestal sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.)	81

## RESUMO

Visando avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (1, 2, 3, 4, 5 e 6 dS m<sup>-1</sup>), nas propriedades químicas do solo e no crescimento das espécies florestais craibeira (*Tabebuia caraiba* Bur.), favela (*Cnidoculus phyllacanthus* Pax. & K. Hoffm), jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Benth - Ducke), e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), foi conduzido um experimento, em casa de vegetação, localizada no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola - Campina Grande - Paraíba, utilizando-se como substrato um solo representativo da região semi-árida do estado da Paraíba, coletado no Projeto Capoeira, localizado no município de São José do Bonfim - Paraíba. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco espécies florestais, seis níveis de salinidade da água e três repetições. Para a obtenção dos níveis de salinidade da água foram adicionados à água do açude do Boqueirão - Paraíba, usada na irrigação das plantas controle (1 dS m<sup>-1</sup>), os sais de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, nas proporções equivalentes de 70, 20 e 10%. A salinidade da água de irrigação, provocou aumentos nas concentrações de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> do solo, e, como consequência, na condutividade elétrica do extrato de saturação. Por outro lado, o pH do extrato de saturação não foi alterado em resposta aos diferentes níveis de salinidade da água. O crescimento em altura das espécies estudadas foi afetado de forma diferenciada. Ao final das observações (120 dias de aplicação dos tratamentos), a salinidade provocou importantes reduções no crescimento em altura da parte aérea das espécies craibeira, jurema-preta e pau-ferro (61,10, 24,37 e 35,46%, respectivamente), no maior nível de salinidade (6 dS m<sup>-1</sup>), enquanto que as plantas de favela e sabiá exibiram crescimento em altura similar àquele das plantas controle. Para a variável diâmetro do coleto, as espécies craibeira, pau-ferro e sabiá, exibiram decréscimos de 41,40, 22,01 e 26,42%, respectivamente, entre o maior e menor nível de salinidade da água irrigação. A acumulação de massa seca produzida, considerando o maior e o menor nível de salinidade da água, foi também diferenciado entre espécies. As espécies florestais craibeira e sabiá apresentaram as maiores reduções na acumulação de massa seca da parte aérea as quais atingiram, respectivamente, 82 e 86%. No caso

das espécies favela e jurema-preta o efeito da salinidade da água de irrigação foi mais pronunciado na massa seca das raízes, enquanto na espécie pau-ferro a acumulação de massa seca na parte aérea e nas raízes foi similarmente afetada. Finalmente, conclui-se, que a salinidade afetou diferentemente cada espécie, provavelmente, em razão de diferenças em suas características fisiológicas e bioquímicas. Considerando, portanto, como critério de avaliação de tolerância a salinidade a produção de massa seca da parte aérea, as espécies que apresentaram o melhor comportamento às condições adversas de crescimento utilizadas nesta pesquisa foram a favela e a jurema-preta.

## ABSTRACT

An experiment was undertaken in Campina Grande (Paraíba State, Northeastern Brazil) to evaluate the effect of different levels of salinity of the irrigation water on chemical properties of soil and on the growth of different wood species. The experiment was carried out under greenhouse condition, using a sand-loam soil from São José do Bonfim, Paraíba State, as substrate. Five wood species such as craibeira (*Tabebuia caraiba* Bur.), favela (*Cnidoscopus phyllacanthus* Pax. & K. Hoffm), jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Benth - Ducke), and sabiá (*Caesalpiniaefolia Mimosa* Benth)], six levels of salinity of the water (1, 2, 3, 4, 5 and 6 dS m<sup>-1</sup>) and three independent replicates, in a randomized design, were utilized. The water of a dam was used by adding Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> chloride salts at rates of 70, 20 and 10%, respectively, to achieve the desirable electric conductivity (EC) values, what led to increases on Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> soil concentrations and, as consequence, in the EC values of saturation extract, but pH was not affected. Some studied species had been affected in their growth by the salinity, but for some other this was not seen by analyzing the height of shoot and/or the diameter. After 120 days of treatment there was an significant reduction in the growth of the craibeira, jurema-preta and pau-ferro (61.10, 24.37 and 35.46%) in the highest level of salinity, while the height of favela and sabiá species was similar to that of control. Similarly, the diameter of the craibeira, pau-ferro and sabiá were significantly smaller in the higher levels of salinity of water (41.40, 22.01 and 26.42% smaller). Craibeira and sabiá had presented the biggest reductions in the accumulation rates of dry mass of the shoot, which had reached, respectively, 82 and 86%. In the case of the species favela and jurema-preta the effect of salinity of irrigation water was sharper in the dry mass of the roots, while in the specie pau-ferro the accumulation of dry mass in the shoot and the roots similarly was affected by the salinity. It is concluded, that the production of dry mass of the aerial part was the best indicator of salt tolerance and the favela and the jurema-preta species showed better growth in soils with high concentrations of salt.



## 1. INTRODUÇÃO

Os solos afetados por sais podem causar efeitos adversos no crescimento da maioria das plantas devido à presença de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, na zona radicular, causando redução na produção e produtividade a níveis antieconômicos, constituindo-se num sério problema nas áreas irrigadas, principalmente das zonas áridas e semi-áridas, caracterizadas por elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos, fazendo com que os sais não sejam lixiviados e acumulem-se em quantidades excessivas no solo (OLIVEIRA, 1997; LIMA, 1997).

Em nível global, a área de solos afetados por sais é de aproximadamente, 900 milhões de hectares, tendendo em aumentar a cada ano, principalmente nas áreas onde a irrigação é praticada com manejo inadequado de água e de solo. No Brasil, aproximadamente 9 milhões de hectares de solos são afetados por sais (PEREIRA, 1983). Na região semi-árida do Nordeste brasileiro, principalmente no polígono das secas, é mais comum a ocorrência de solos de caráter salino e sódico. Estima-se que, no mínimo, 10% dessas áreas já se encontram abandonadas, devido aos problemas de salinização que impossibilitam qualquer atividade agrícola-florestal (LUCENA, 1986).

Todas as águas naturais, sejam de origem pluvial, superficial ou subterrânea, apresentam quantidades diferenciadas de sais dissolvidos, que variam de um local para outro, como também ao longo do tempo (JACKSON, 1958; KOVDA, et al., 1973; YARON, 1973; KAMPHORST & BOLT, 1976; COSTA, 1982; LARAQUE, 1989).

Sabe-se que a água usada na irrigação é a principal fonte de salinização do solo, podendo torná-lo inviável para a produção agrícola da maioria das culturas. Vários estudos têm sido realizados sobre o efeito da salinidade da água e do solo no rendimento das culturas de interesse agrícola (MAAS & HOFFMAN, 1977; MAAS, 1986; AYERS & WESTCOT, 1991). A salinidade dependendo da concentração, pode causar o retardamento no crescimento das plantas, com conseqüentes perdas de rendimento dependendo do grau de tolerância da espécie. No entanto, estudos dessa natureza com espécies nativas da região semi-árida do Nordeste brasileiro, são poucos ou praticamente inexistente para a maioria das espécies.

Na região semi-árida do Nordeste brasileiro, há muito tempo é conhecido o potencial de várias espécies nativas, como por exemplo, a aroeira, o angico, a baraúna, dentre outras, às quais não são convenientemente exploradas, sendo destruídas sistematicamente nos últimos anos. Portanto, existe a necessidade de se mostrar cientificamente o potencial de muitas espécies para que sejam exploradas de forma racional, proporcionando sua fixação de maneira ordenada, bem como, a fixação do homem do Sertão nordestino (LIMA, 1989; SILVA et al., 2000).

A vegetação nativa da região semi-árida devido a sua multiplicidade de uso, apresenta grande valor sócio-econômico para o homem, no tocante a alimentação humana e animal, medicina alternativa, uso de frutos, casca e raízes, produção de madeira visando o fornecimento de lenha, carvão e produtos industriais (fibras, óleos, resinas, ceras, tanino, madeira para diversas finalidades), além da preservação do solo, dos recursos hídricos e da fauna (LIMA, 1989). As espécies nativas são adaptadas às severas condições climáticas predominantes nessa região, podendo constituir uma importante alternativa para o aproveitamento e/ou recuperação das áreas salinizadas ou em processos de salinização, condições em que a exploração de muitas espécies agrícolas é inviável economicamente.

Para SANTOS et al. (1997) o cultivo de espécies arbóreas associado com o uso de corretivos é uma alternativa promissora para a reintegração de solos salinizados por meio da exploração agrícola. Os efeitos benéficos da implantação dessas espécies nesses solos explicam-se pelo fato de que seu sistema radicular atinge camadas mais profundas do solo, aumentando a sua permeabilidade. Para SHUKLA & MISRA (1993) as espécies arbóreas, em geral, possibilitam melhorias nas propriedades físico-químicas dos solos. No entanto, espécies florestais como a craibeira (*Tabebuia caraiba* Mart. Bureau), favela (*Cnidosculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm), jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth),

pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Benth. Ducke) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), por serem resistentes à seca e apresentarem sistema radicular profundo, podem proporcionar melhoria na estrutura do solo, facilitar a lixiviação dos sais, incorporar matéria orgânica ao solo, servir como cobertura vegetal e, em alguns casos, contribuir para baixar o nível do lençol freático. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento dessas espécies, na fase inicial de crescimento, a diferentes níveis de salinidade da água, visando seu aproveitamento em áreas salinizadas, bem como analisar o efeito dessas águas nas características químicas do solo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Considerações gerais e importância econômica das espécies

#### 2.1.1. Craibeira (*Tabebuia caraiba* Bur.)

Conhecida popularmente por craibeira e paratudo, pertencente a família das Bignoniáceas, é uma árvore que atinge de 15 a 20 m de altura e 60 a 100 cm de diâmetro, é de ocorrência comum às margens dos rios temporários do semi-árido nordestino, especialmente onde existe a predominância de solos salinos (LIMA, 1989). Esta espécie apresenta várias utilidades. Sua madeira, de cor bege claro, textura mediana e de muito fácil serragem e polimento, é empregada em vigamentos, esquadrias, móveis e serviços diversos. Possui crescimento acima da média observada para outras espécies da caatinga, sendo indicada para trabalhos de reflorestamento em áreas que apresentem baixa pluviosidade. Além do mais essa espécie é tolerante a solos salinos, bem como aqueles com possibilidades de alagamento (PIO CORREA, 1984a). Outra de suas inúmeras aplicações é na arborização de ruas e praças, devido a uma floração vistosa e pela sombra que proporciona, quando cultivada em ambientes úmidos, permanecendo com suas folhas durante todo o ano.

### 2.1.2. Favela (*Cnidosculus phyllacanthus* Pax. & K. Hoffm)

Esta espécie é pertencente à família Euphorbiaceae, conhecida vulgarmente por favela ou faveleira, ocorre na caatinga e no sertão de solo seco (GOMES, 1982). Árvore das caatingas hiperxerófilas, vegeta em solo com reduzido teor de umidade e pedregoso, pode atingir até 5 m de altura, e ramifica-se acima da base (2 - 3 m). Casca lisa e levemente rugosa, de tonalidade castanho claro. Toda a planta contém látex abundante, de cor branca. Folhas de forma ovada, elíptico-ovalada, sinuosa a sub-lobada, membranácea, de bordos profundamente lobados, terminadas em pequenos espinhos. Número variável de pêlos urticantes, às vezes simples, ou unidos na base, chegando a alcançar mais de 1 cm de comprimento, de coloração alva. Inflorescência em cimeira, onde se desenvolve primeiro a flor central. Flor masculina com 5 pétalas alvas; estames unidos pelos filetes, anteras 9, de cor amarela, em 3 grupos de 3. Na base do androceu, um disco reduzido com 6 peças lineares, espessas. Flor feminina com ovário verde, encimado por estigma mais ou menos laminar, lobado. Fruto, capsula tricoco esquisocárpica, 1,5-2 cm de comprimento. Superfície recoberta totalmente ou parcialmente por pêlos urticantes. Semente de testa dura, lisa, e albumem rico em óleo comestível (LIMA, 1989).

As folhas maduras e a casca da favela servem de forragem para animais. Porém, a grande importância da faveleira está em suas sementes, como produtora de óleo alimentício e de farinha, esta rica em sais minerais e, principalmente, proteínas. O óleo de alto valor energético para o povo, é um substituto do azeite de oliva, não havendo diferença de gosto. Dotada de grande resistência à seca, é indicada no reflorestamento de áreas degradadas sendo um vegetal de grande importância econômica para o Polígono das secas (BRAGA, 1976; DUQUE, 1980, GOMES, 1982).

### 2.1.3. Jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth)

A jurema-preta pertence à família das Leguminosas, ocorre com mais frequência no Sertão da Paraíba, existindo também no Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte (BRAGA, 1976). Atinge uma altura de até 6 m, possui casca de cor castanha muito

escura, às vezes acinzentada, ritidoma despendendo-se em porções delgadas escamiformes entrecasca vermelho escura. Caule reto ou levemente inclinado, ramificações abundantes. Ramos castanho-avermelhados, esparsamente aculeados; acúleos curtos 2 - 3 mm de comprimento, eretos. Folhas pinaticompostas; pinas geralmente 4 jugadas. Foliolos 1-18 jugadas, 5 - 6 mm de comprimento, obtusos. Inflorescências subterminais, isoladas. Flores em espiga amarela, com 1,3 - 1,5 cm de diâmetro e 0,4 - 7,5 cm de comprimento.

O fruto da jurema-preta é uma vagem pequena ligeiramente espiralada e articulada, de tegumento muito fino e quebradiço quando maduro. A madeira apresenta coloração castanha avermelhada escura; é durável como estaca que raramente brota depois de enterrada. Fornece excelente lenha e carvão, este último é considerado mais elevado poder calorífico sendo mais utilizado em forjas e fundições (BRAGA, 1976; TIGRE, 1977).

#### 2.1.4. Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Benth.- Ducke)

Da família das Leguminosas, conhecida popularmente como jucá, ocorre do Piauí a São Paulo (MARCHIORI, 1997). Árvore de grande porte, medindo de 15 - 30 m de altura, tronco reto de 40 - 60 cm de diâmetro. Pode ser reconhecida por sua densa folhagem verde escura. Casca lisa. Folhas alternas e bipinadas, com 2 ou 3 pares de pinas opostas e uma pina terminal, contendo cada uma de 6 - 8 pares de folíolos elípticos, de ápice emarginado, base assimétrica. Flores amarelas, dispostas em inflorescências terminais. Os legumes rígidos, lisos e de cor escura, variam de 6 - 9 cm de comprimento por cerca de 2 cm de largura (BRAGA, 1976; PIO CORRÊA, 1984a).

A madeira do jucá é empregada na construção civil, obras externas e marcenaria em geral. A árvore é bastante ornamental, principalmente por sua copa arredondada, baixa e rala; pode ser empregada na arborização de ruas e avenidas, e para plantios em áreas degradadas (BRAGA, 1976).

### 2.1.5. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)

Árvore da família das Leguminosas, conhecida popularmente por sabiá ou sansão-do-campo, ocorre do Maranhão até a Bahia, em geral cultivada na caatinga. Árvore geralmente pequena, alcançando até 7 m, dotada de acúleos/raízes ricas em nodosidades bacterianas. Casca fina, parda-clara. Folhas com 6 pinas opostas, cada pina comumente provida de 6 folíolos; folíolos opostos discolores, os basais ovalados e os apicais irregularmente obovados. Inflorescência espiga cilíndrica, 5-10 cm, axilares e também ordenadas em panículas terminais. Fruto legume articulado, plano 7-13 mm de comprimento, presos a dois filamentos laterais. Sementes duras e lisas, 5 - 8 mm de diâmetro (RIZZINI 1978; PIO CORRÊA, 1984b).

Quanto à importância econômica, a madeira é apropriada para usos externos, como moirões, estacas, postes, e, lenha e carvão. A folhagem constitui valiosa forragem para o gado durante a longa estiagem do sertão semi-árido. A árvore apresenta características ornamentais, principalmente pela forma entouceirada que geralmente se apresenta, podendo ser empregada no paisagismo em geral. É também muito empregado como cerca viva defensiva. Como planta tolerante à luz direta e apresenta rápido crescimento, sendo ideal para reflorestamento heterogêneos, destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (GOMES, 1982)

## 2.2. A salinidade e o crescimento das plantas

A salinidade definida como o excesso de sais (íons) inorgânicos nos solos ou no meio de cultivo das plantas, representa um dos principais problemas da agricultura no mundo (LACERDA, 1995). A situação é mais grave nas regiões áridas e semi-áridas devido às condições favoráveis de salinização. Entretanto, com a expansão da agricultura irrigada e do uso intensivo dos fertilizantes químicos, o problema tende a si agravar em diversas regiões (OLIVEIRA, 1997). O processo natural de salinização dos solos envolve a acumulação de sais, principalmente de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , em forma de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , nas camadas agriculturáveis dos solos (OLIVEIRA, 1997). Dessa forma, a salinidade provoca

modificações químicas e físicas, com conseqüências sobre a atividade biológica do solo (SANTOS & MURAOKA, 1997).

As principais alterações químicas provocadas pela salinização dos solos são na composição e balanço de cátions no complexo de troca e sais solúveis na solução do solo, com reflexos e na disponibilidade de nutrientes (SANTOS & MURAOKA, 1997). No caso dos solos sódicos, o excesso de sódio trocável provoca alterações nas propriedades físicas do solo, reduzindo a floculação das argilas e a estabilidade dos agregados, provocando como conseqüência, reduções na porosidade e capacidade de retenção de água (LIMA, 1997). O excesso de sais provoca diminuição no potencial osmótico e toxicidade para o desenvolvimento da fauna e flora, diminuindo as taxas de mineralização e humificação da matéria orgânica, com conseqüente redução da fertilidade dos solos (SANTOS & MURAOKA, 1997).

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 de capacidade de tolerância ao excesso de sais estão as plantas halófitas, constituídas por espécies adaptadas e evoluídas sob condições de altos níveis de salinidade (FAGERIA & GHEYI, 1997). Neste grupo, a presença de excesso de sais, dentro de 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). Entre os dois grupos existe um grande gradiente de tolerância em termos de espécies cultivadas e até mesmo dentro de espécies (cultivares), mostrando que as plantas superiores apresentam uma grande variabilidade genética para a tolerância ao estresse salino (WINICOV, 1998).

O excesso de sais no solo pode provocar diversos tipos de efeitos sobre o crescimento das plantas. Em geral, esses efeitos são agrupados em três modalidades: (a) redução no fluxo de água da planta ("déficit hídrico induzido"); (b) diminuição na absorção de nutrientes minerais e desbalanço nutricional e (c) efeitos tóxicos dos íons salinos (GREENWAY & MUNNS, 1980; CHESSEMAN, 1988). A salinidade provoca reduções no potencial osmótico da solução do solo, induzindo decréscimos na energia livre da água. Como conseqüência, um dos primeiros efeitos será a diminuição no fluxo transpiratório (SALISBURY & ROSSI, 1992), através da diminuição do gradiente de



potencial hídrico. As diminuições no fluxo de água nas raízes induzem aumentos na síntese de ácido abscísico, acarretando aumento na resistência estomática (WINICOV, 1998).

As plantas não halófitas desenvolvem, em geral como mecanismo de adaptação à salinidade, em primeira instância, aumento na taxa de absorção íons salinos em excesso na solução externa (GREENWAY & MUNNS, 1980). Dessa forma tem-se verificado uma diminuição no potencial osmótico das raízes e das outras partes da planta, favorecendo a entrada e a manutenção da água nas células (NIU et al., 1995). A redução no influxo de água poderá acarretar diminuições no potencial de turgor nas células (SALISBURY & ROSSI, 1992). Apesar dos mecanismos moleculares que desencadeiam os processos ainda não serem conhecidos, é especulado que sob essas condições ocorrem decréscimos na intensidade de crescimento provocada provavelmente por reduções nas taxas de síntese de parede celular e de proteínas (SALISBURY & ROSSI, 1992). Esses processos são sensíveis à pequenas reduções no potencial de água dos tecidos. É possível que algumas espécies possam compatibilizar suas taxas de absorção de íons. Neste caso, a concentração dos íons salinos seriam mantidas aproximadamente constantes ao longo do desenvolvimento (TAIZ & ZEIGER, 1991). Num segundo estágio de adaptação à salinidade, algumas plantas glicófitas promovem uma compartimentação do sais, aos níveis de célula e de órgão, através da acumulação preferencial nos vacúolos de raízes, caules e folhas (GREENWAY & MUNNS, 1980). Paralelamente, algumas espécies podem incrementar a biossíntese de solutos osmoticamente compatíveis, promovendo um ajustamento osmótico para a manutenção de um estado hídrico compatível com os níveis de crescimento necessário para o desenvolvimento (BOHNERT & JENSEN, 1996).

A situação anteriormente delineada ocorre geralmente em condições de estresse salino moderado ou tratado de espécies adaptadas à salinidade. Ao contrário, na presença de concentrações elevadas de sais para plantas não adaptadas, verifica-se, comumente, descompassos entre as taxas de absorção de íons e as taxas de crescimento, ocorrendo, acumulação progressiva de sais tóxicos com diminuição acentuada na fotossíntese, síntese de proteínas e surgimento de diversos efeitos indiretos sobre o crescimento (SALISBURY & ROSSI, 1992; VIÉGAS et al., 1999). Nesses casos, os diferentes efeitos da salinidade (“déficit hídrico induzido”), a toxicidade direta dos íons e o desbalanço nutricional, ocorrem, provavelmente como efeitos em cascata (NIU et al., 1995), acarretando o surgimento do processo de senescência induzida, pequeno crescimento e início de necrose dos tecidos.

A quantidade de água transportada do solo até as folhas é proporcional ao gradiente de potencial hídrico e inversamente ao somatório das resistências apresentadas (LACERDA, 1995). No caso das plantas adaptadas e ajustadas osmoticamente ao estresse salino, poderá ocorrer manutenção do gradiente de potencial, porém associado com reduções na condutividade hidráulica das raízes e maior fechamento dos estômatos. Isto resultará em menores taxas de absorção e assimilação de  $\text{CO}_2$  induzindo menores taxas de crescimento (AZAIZEH et al., 1992). Muitas vezes as folhas das plantas estressadas com a salinidade, mas previamente ajustadas, apresentam aspecto normal sendo em geral menores e mais suculentas (relação massa úmida/aérea). Portanto, nesses casos a pressão de turgescência não é diminuída pelo estresse salino (BOYER, 1965).

Os efeitos da salinidade podem variar em função de diversos fatores. Além da variabilidade genética, as concentrações dos sais, através do decréscimo no potencial da água na solução e dos efeitos tóxicos dos íons, é importante também a duração do estresse, se curta (dias) ou longa duração (semanas). Além disso, é fundamental estabelecer o estágio de desenvolvimento da planta, assim como as condições ambientais de temperatura e umidade do ar (LACERDA, 1995). 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  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , principalmente nas folhas, poderá provocar redução do crescimento, senescência e necrose (YEO et al., 1991).

Diversos processos metabólicos são alterados pela salinidade. Apesar dos mecanismos moleculares de transdução de sinais ainda não serem conhecidos, vários trabalhos têm mostrado que o estresse salino induz inicialmente aumento na biossíntese do ácido abscísico nas raízes seguida da mobilização desse hormônio para as folhas (BOHNERT et al., 1995; INGRAM & BARTELS, 1996). Como consequência, observa-se diminuição na abertura estomática e nas taxas de fotossíntese. Ainda não está claro se os efeitos ocorrem mais em função da diminuição nas concentrações de  $\text{CO}_2$  nas células do mesófilo ou se diretamente a atividade de rubisco e de outras proteínas dos cloroplastos (BRUNGOLI & LAUTERI, 1991; SOLOMON et al., 1994). O estresse salino provoca também alterações na estrutura organizacional dos cloroplastos (SOLOMON et al., 1994).

### 2.3. Ajustamento osmótico e adaptação de plantas à salinidade

Quando plantas halófitas e outras não halófitas são submetidas à presença de NaCl observa-se inicialmente aumento na absorção iônica, particularmente dos íons de  $\text{Na}^+$  e de  $\text{Cl}^-$  em resposta ao aumento das concentrações externas. Com o decorrer do estresse salino, na maioria das plantas cultivadas, ocorre aumento pronunciado 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 nos tecidos, provocando diminuição no potencial osmótico da célula, é denominado de ajustamento osmótico (SALISBURY & ROSSI, 1992). Apesar de reconhecido há muito tempo, esse processo fisiológico ainda é pouco conhecido em seu nível molecular, assim como seu papel efetivo na tolerância ao déficit de água conferida à tecidos submetidos aos estresses hídricos e salinos (TAIZ & ZEIGER, 1991).

O ajustamento osmótico permite as plantas manterem um turgor celular compatível para o crescimento (ZIMMERMANN, 1978). Esse processo envolve transporte, acumulação e compartimentação de íons inorgânicos e solutos orgânicos (SPICKETT et al., 1992). Sob condições salinas, a saída da água da célula pode causar um decréscimo no potencial de parede abaixo do limite para a expansão celular e crescimento. O ajustamento osmótico requer a regulação intracelular nos níveis de diversos compostos carbônicos (carboidratos, açúcares e ácidos orgânicos) e compostos nitrogenados (prolina, glicinabetaina, colina, poliaminas e aminoácidos), muitos dos quais são assumidos serem compartimentalizados no citosol enquanto íons inorgânicos, principalmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$  são sequestrados para os vacúolos ou distribuídos entre citosol e vacúolos (GREENWAY & MUNNS, 1980).

Diversas espécies utilizam preferencialmente a prolina como soluto osmoticamente compatível no ajustamento osmótico (RABE, 1993; BOHNERT et al., 1995; BRAY, 1997). Apesar da acumulação desse aminoácido induzido por diversos tipos de estresses ambientais ser conhecida há bastante tempo, sua participação efetiva como caráter genético de tolerância das plantas cultivadas ainda é motivo de discussão e especulação (ASPINALL & PALEG, 1981; STEWART, 1981; INGRAM & BARTELS, 1996; WINICOV, 1998). É pacífico que prolina esteja envolvida com o ajustamento

osmótico e possivelmente na proteção de proteínas citoplasmática contra desidratação (LA ROSA et al., 1991; LIU & ZHU, 1997; KUZNETSOV & SHEVYAKOVA, 1997).

Trabalhando com células modificadas de tabaco submetidas as condições de salinidade e altas temperaturas, KUZNETSOV & SHEVYAKOVA (1997) concluíram que ao longo do desenvolvimento da tolerância para a salinidade as células desenvolveram habilidades para acumular prolina e poliaminas, tanto de forma constitutiva como induzida pelo NaCl. A acumulação desses solutos parece proteger o metabolismo das células nas condições de estresse. Os autores observaram também uma resposta cruzada a partir dos dois tipos de estresse, ocorrendo uma acumulação transiente de prolina após o tratamento simultâneo de salinidade e altas temperaturas. Finalmente, os autores especulam que a síntese de proteínas e polipeptídios induzidos pelos estresses podem estar relacionados com a proteção contra altas temperaturas nas células.

Sob condições de estresse salino prolina parece ser sintetizada principalmente a partir de glutamato (LA ROSA et al., 1991). A reação é realizada em quatro passos, sendo a última reação catalisada  $\Delta$ -pirroline-5-ácido carboxílico redutase-P5C (STEWART, 1981). A partir das observações empíricas, foi lançada a hipótese de que a tolerância ao NaCl estaria relacionado com os níveis e atividade de P5C-redutase (LA ROSA et al., 1991).

Trabalho com *Acácia nilótica*, uma espécie lenhosa não halófito, porém adaptada à condição de salinidade dos solos, submetidas à 75, 100, e 200 mM de NaCl, mostrou que a manutenção do turgor até 100 mM de NaCl foi ocasionada pelo ajustamento na elasticidade da parede celular (NABIL & COUDERT, 1995). Por outro lado, a intensa redução no crescimento e a mortalidade nos níveis mais elevados de NaCl, os autores observaram que a adaptação inicial (até 75 mM de NaCl) foi devida ao ajustamento osmótico decorrente da acumulação principalmente de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$ .

A expansão celular em plantas submetidas ao estresse salino depende da manutenção do influxo de água, através do ajustamento osmótico (GIRMA & KRIEG, 1992). A diminuição no potencial osmótico também minimiza as perdas de água a partir das folhas, particularmente em condições de elevada demanda evapotranspiratória. Entretanto, um ajustamento osmótico ativo pode ser estabelecido somente a partir do aumento líquido na concentração dos solutos, não podendo ser confundido com a acumulação passiva de solutos devido à desidratação, através da diminuição no conteúdo

de água, redução no volume celular, mudanças na elasticidade do tecido ou partição da água entre simplasto e apoplasto (GIRMA & KRIEG, 1992).

Quando plantas de milho foram submetidas à diferentes níveis de salinidade (NaCl), observou-se inicialmente uma rápida absorção de  $\text{Cl}^-$  seguida de acumulação de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$  nas raízes. Essa acumulação foi mais intensa nas partes maduras das raízes, proporcional à quantidade de vacúolos nos tecidos. Nessas condições, observou-se acumulação progressiva de prolina e sacarose nos tecidos apicais. Plantas pré-tratadas com 25 mM de NaCl apresentaram maior tolerância aos níveis mais elevados de NaCl (50, 100 e 150 mM). A acumulação dos íons inorgânicos mais as de prolina e sacarose foram suficientes para o ajustamento osmótico nos níveis dos potenciais hídricos impostos nos tratamentos (RODRÍGUEZ et al., 1997).

A capacidade de ajustamento osmótico inicial para propiciar adaptação às condições de salinidade está relacionada com o equilíbrio entre as taxas de absorção dos íons salinos e as taxas de crescimento (TALEISNIK & GRUNBERG, 1994). Se o primeiro processo exceder o segundo acima de certos níveis críticos para cada espécie, ocorrerá uma acumulação progressiva de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  dos tecidos foliares através da retenção desses íons nas raízes e caules (TALEISNIK & GRUNBERG, 1994). Além disso, a manutenção de altas relações  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  pode ser um caráter favorável para a adaptação às condições de salinidade (CANO et al., 1991).

A baixa tolerância à salinidade de algumas glicófitas está relacionada com a pouca habilidade para tolerar ou prevenir altos níveis de NaCl na parte aérea. Portanto, a tolerância pode depender da capacidade das raízes de limitar o acesso de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  até a parte aérea (MUNNS, 1993).

Seguindo-se o processo de salinização, observa-se um forte aumento nas concentrações  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  na seiva do xilema (MUNNS, 1988). É possível que a tolerância apresentada por planta de cevada esteja relacionada com limitação de transporte de  $\text{Na}^+$  no xilema para a parte aérea (MUNNS, 1993). Em algumas leguminosas como *Phaseolus vulgaris* e *Glicine max* o xilema do caule próximo das raízes é progressivamente exaurido em  $\text{Na}^+$ , através da troca com o  $\text{K}^+$ , a reabsorção de  $\text{Na}^+$  pode contribuir com a exclusão de íons salinos das folhas (DURAND & LACAN 1994).

## 2.4. Qualidade de água de irrigação

De acordo com DONEEN (1975), a água de irrigação apresenta na maioria das vezes, uma composição química constituída de sais de cálcio, magnésio, sódio e potássio na forma de cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos, os quais podem apresentar diferentes proporções dependendo da fonte de água, de sua localização geográfica, da época de coleta, etc. Porém, apesar de diversos fatores influenciarem na quantidade e na composição de sais das águas utilizadas em irrigação, as variações não são muito acentuadas em uma determinada região.

Numa avaliação qualitativa, as águas se dividem em quatro classes de salinidade à medida que aumenta a concentração de sais e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, recebendo denominações sucessivas de C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, com limites apresentados por RICHARDS (1977), pela Universidade da Califórnia (UCCC) e por AYERS & WESTCOT (1991), conforme apresentado na Tabela 1.

MEDEIROS & GHEYI (1994) enfatizaram a necessidade do desenvolvimento de um sistema de classificação de água, próprio para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico seguro de seu efeito quando usada em irrigação; enquanto isso, não ocorre, sugerem que, para a classificação quanto à salinidade, Tabela 1, seja utilizada a proposição do UCCC (University of California Committee of Consultants), citada em FRENKEL (1984) e PIZARRO (1985), por não ser tão conservadora como a RICHARDS (1954), e não genérica como a de AYERS & WESTCOT (1991).

Tabela 1. Classificação da água para a irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	RICHARDS (1954)	UCCC <sup>1</sup>	Risco de salinidade	AYERS & WESTCOT (1991)	Risco de salinidade
	Faixas de CEa (dS m <sup>-1</sup> )			Faixas de CEa (dS m <sup>-1</sup> )	
C <sub>1</sub>	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,70	Nenhum
C <sub>2</sub>	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,70 – 3,00	Moderado
C <sub>3</sub>	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,00	Severo
C <sub>4</sub>	> 2,25	> 3,00	Muito Alto	-	-

Fonte: AYERS & WESTCOT (1991).

<sup>1</sup>UCCC - University of California Committee of Consultants

Independente da fonte, qualquer água de irrigação possui sais dissolvidos (KOVDA et al., 1973). Entretanto, o tipo e a quantidade dependem de sua origem. RICHARDS (1954) e KAMPHORST & BOLT (1976), afirmam que a adição de água no solo seja por ascensão capilar do lençol freático ou pela irrigação, consiste na adição de sais no perfil do solo. Assim, mesmo a utilização de uma água de baixa salinidade pode promover a salinização do solo se não houver um manejo adequado.

Para HOORN (1971), a adequabilidade de uma água de irrigação, é determinada de acordo com sua qualidade e fatores edafo-climáticos, visto que uma mesma água pode ser considerada adequada para um solo e tipo de cultura, e prejudicial a outros. No entanto, alguns fatores devem ser avaliados na classificação de uma água para fins de irrigação, entre eles, destacam-se as características do solo, tolerância da cultura, o teor e tipo de sais, condições climáticas, e o manejo da irrigação e drenagem.

## 2.5. Efeitos da salinidade da água nas propriedades do solo

O problema da salinidade origina-se a partir da formação do solo, com a intemperização da rocha, através dos processos físicos (dilatação, contração, e desintegração), químicos (dissolução, hidrólise, carbonatação, oxidação, redução, hidratação, desidratação, decomposição) e biológicos (reações químicas promovidas pelos microorganismos, presença de raízes e atividades humanas), mediante a ação dos fatores climáticos, relevo, organismos vivos e tempo (BRADY & BUCKMAN, 1983). Apesar dos sais serem originados da intemperização das rochas, raros são os exemplos onde o problema de salinidade do solo foi provocado diretamente por esse fator, podendo-se afirmar que a água de irrigação associada à presença de lençol freático elevado e não controlado pode influenciar de maneira mais direta à salinidade (RICHARDS, 1954).

O problema de salinidade ocasionado pela irrigação em diferentes tipos de solos, depende das propriedades do solo, das condições de drenagem e do balanço de água e sais na zona radicular das culturas (FAO/UNESCO, 1973). Fisicamente, o solo é influenciado pela presença dos cátions trocáveis existentes no complexo de troca, interferindo, dessa forma em sua estrutura, na estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração (MARINHO, 1996). O acúmulo dos sais solúveis

no solo promove floculação, deixando este com boa permeabilidade, já o aumento de sódio trocável pode torná-lo adensado, compacto em condições secas, e quando úmido disperso e pegajoso (GHEYI et al., 1991).

Um dos fatores de elevada importância na qualidade da água é o sódio, devido principalmente ao seu efeito nas propriedades do solo. Embora as plantas sensíveis possam sofrer danos em virtude de seu acúmulo nas células dos tecidos foliares, o sódio exerce efeito primário sobre o solo e efeito secundário no crescimento da planta, através da deteriorização das condições físicas do solo (KOVDA et al., 1973). O efeito principal da salinidade sobre os solos é sua ação sobre a estrutura. Esta propriedade é função da floculação seguida pela cimentação dos colóides, na forma de agregados. Assim, os efeitos da salinidade são mais pronunciados quanto mais argiloso for o solo (PIZARRO, 1985).

A presença de altas concentrações de bicarbonato nas águas, possibilita a precipitação dos cátions cálcio e magnésio, elevando a concentração de sódio em relação a estes, interferindo na permeabilidade do solo, pois o Na é um agente ativo de dispersão da fração argila (RHOADES, 1972). Tem sido observado que quando a água de irrigação contém elevados teores de sais, ocorre aumento na velocidade de infiltração, em contraposição, com baixa salinidade ou alta proporção de sódio em relação ao cálcio e magnésio, ocorre diminuição (AYERS & WESTCOT, 1991). A velocidade de infiltração de água no solo é mais bem correlacionada com a salinidade da água de irrigação do que com a percentagem de sódio trocável PST (percentagem de sódio trocável) e a salinidade do solo (PIZARRO, 1985).

Quimicamente as propriedades do solo dependem, principalmente, dos colóides eletronegativos, denominados de argilas, e ácidos húmicos, os quais encontram-se cobertos por capas de cargas. A primeira corresponde ao próprio colóide, carregada negativamente. A segunda, é constituída de cátions que se encontram retidos pela ação das cargas positivas. Os cátions adsorvidos que representam maior importância são os íons de hidrogênio, cálcio, magnésio, sódio, potássio e alumínio (PIZARRO, 1985). Este mesmo autor ressalta que ocorre equilíbrio entre os cátions da solução do solo e os adsorvidos o que se reflete na relação de adsorção de sódio (RAS) e PST a partir dos valores da RAS da solução do solo. A adsorção do íon sódio ao solo, em função da salinidade da água, está totalmente relacionada com a relação Na/Ca. Quando a água de irrigação apresenta uma relação na ordem de 5:1, a percentagem de sódio trocável pode atingir valores de 25% (Mc GEORGE, 1952).



Nas regiões áridas e semi-áridas, em solos produtivos, ocorre a predominância dos íons cálcio e magnésio no complexo de troca. Entretanto, quando esses são irrigados sobretudo com águas salinas, contendo elevada proporção de sódio, frequentemente, este cátion torna-se predominante na solução do solo. Nestas condições, uma parte do Ca e Mg, originalmente adsorvida, é substituída pelo sódio (RICHARDS, 1954).

Com a realização da irrigação, ocorre a adição de sais na zona radicular, aumentando a concentração salina, à medida que as culturas consomem parte da água armazenada no solo. Para evitar o acúmulo excessivo desses sais é necessário que os mesmos sejam eliminados através da lixiviação. A fração da água de irrigação aplicada que atravessa e percola além da zona radicular é conhecida como fração de lixiviação, que é determinada a partir da lâmina percolada dividida pela lâmina aplicada na irrigação. No entanto, quanto maior for a fração de lixiviação menor será a salinidade do solo (AYERS & WESTCOT, 1991).

## 2.6. A salinidade e o crescimento das plantas superiores

Investigações feitas por BLACK (1975), mostraram que a susceptibilidade das plantas à salinidade varia de espécie para espécie e de cultivar para cultivar. Várias espécies florestais arbóreas são tolerantes à salinidade, destacando entre elas a leucena (*Leucaena leucocephala*, LAM.). Poucas pesquisas têm sido desenvolvidas sobre a tolerância dessas plantas em áreas afetadas por sais (SANTOS & HERNANDEZ, 1997).

SANTOS & TERTULIANO (1998) avaliando a tolerância de espécies arbóreas cultivadas em um solo salino-sódico, sem e após tratamento com ácido sulfúrico, verificaram que as espécies algaroba (*Prosopis juliflora*) e tamboril (*Enterolobium contorsiliquum*) cultivadas após tratamento com ácido sulfúrico (2,4 ml.vaso<sup>-1</sup>, para baixar o pH do solo para 6,5) germinaram após uma semana da semeadura e apresentaram crescimento rápido e folhas maiores e mais verdes. A espécie jucá (*Caesalpinia ferrea*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*.) e leucena (*Leucaena leucocephala*) germinaram simultaneamente e cresceram de maneira inferior a algaroba e ao tamboril. A diferença entre essas espécies é que após as seis semanas da germinação, algumas plantas de sabiá

apresentaram-se secas, o que não ocorreu com a leucena. Já as plantas de jucá ficaram raquíticas, amareladas e com tamanho reduzido. Os autores verificaram também que o tratamento do solo com ácido sulfúrico proporcionou aumentos significativos no crescimento da algaroba e do tamboril, produzindo uma maior biomassa e, possivelmente, aumento na tolerância dessas espécies às condições salinas e sódicas. Essas constatações foram observadas em baixas proporções para as plantas de jucá, leucena e sabiá. Na ausência de tratamento com ácido sulfúrico a leucena, sabiá e jucá mostraram-se raquíticas, baixa percentagem de germinação, crescimento irregular e presença de manchas amareladas nas folhas.

A substituição do sódio e a dos ânions carbonatos e bicarbonatos como também a redução do pH do solo podem causar aumentos nas taxas de crescimento dos vegetais, uma vez que a aplicação de corretivos ácidos em solo salino-sódico acarreta redução no pH e maior disponibilidade de nutrientes (SANTOS & TERTULIANO, 1998). Trabalho conduzido por COSTA SILVA et al. (1997a, b) demonstraram que a aplicação de ácido sulfúrico (1,54; 3,08; 4,61; 6,16; 7,69; 9,23; e 10,77 mL kg<sup>-1</sup>) reduziu o pH de um solo salino-sódico, de 10,4 para 3,0, e aumentou a disponibilidade de P, de 12,8 para 24,7mg kg<sup>-1</sup>, a redução na disponibilidade de nutrientes como o Zn, tem sido observada por GUPTA et al., (1987). A aplicação de níveis crescentes de ácido sulfúrico (0; 2,5; 25; 250; 2500 mg kg<sup>-1</sup>) em um solo com reação alcalina, promoveu aumento na produção de matéria seca do Sorgo no maior nível de ácido sulfúrico, atribuindo esse comportamento à redução do pH da zona de aplicação (15,2 cm) devido a reação do ácido com o carbonato do solo.

A leucena, o feijão-guandu e a algaroba apresentaram aumento significativo de crescimento com a adição de ácido sulfúrico (0; 0,8; 1,6; 2,4; e 3,2 mL kg<sup>-1</sup>) em um solo salino-sódico (SOUZA et al., 1997). O aumento na produção de material vegetal seco de feijoeiro e nos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, foi constatado após a incorporação de outras fontes ácidas, como o ácido fosfórico (SANTOS, 1996) ou, de sais neutros, como o gesso (SANTOS, 1995) em solo salino-sódico.

ALMEIDA et al., (1997), avaliando o efeito da salinidade sobre três cultivares de leucena, observaram que o aumento da concentração de NaCl provocou redução na percentagem de germinação. O poder germinativo da leucena reduziu de maneira acentuada nos níveis de salinidade de 150 e 200 meq L<sup>-1</sup>. No nível de 150 meq L<sup>-1</sup> a redução relativa em relação a testemunha (água destilada), foi de 86,58%, 43,88% e

79,57%, respectivamente para os cultivares CPATSA-79164, CPATSA-79165 e KAWAU-K-29. No nível de salinidade de 200 meq L<sup>-1</sup> de NaCl apenas o cultivar CPATSA-79165 germinou, e foi estatisticamente igual aos níveis de 0, 50 e 100 meq L<sup>-1</sup>, confirmando a tolerância deste cultivar aos efeitos da salinidade, nessa fase de crescimento. Entretanto, no tratamento testemunha essa cultivar se igualou a primeira CPATSA-79164 e superou a última KAWAU-K-29.

UNGAR (1982), afirma que a ordem decrescente de toxidez de vários sais se dispõe como a seguir: NaHCO<sub>3</sub> > Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> > Na Cl > CaCl<sub>2</sub>. Em sementes da espécie florestal algaroba (*Prosopis juliflora*), foi verificado uma maior toxidez do NaCl em relação ao CaCl<sub>2</sub>.

CHOINSKI JÚNIOR & TUOHY (1991), trabalhando com o efeito do estresse hídrico com polietileno glicol (PEG) em árvores da savana africana, constataram diminuição na percentagem de germinação, mas não em sua velocidade. As sementes de Leguminosas que possuem casca dura apresentam maior longevidade, mesmo em condições estressantes (BEWLEY & BLACK, 1985).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização e caracterização da área experimental**

O estudo foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola - Campina Grande-PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7°15'18" de latitude sul, 35°52'28" de longitude oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m, durante o período de setembro de 1999 a janeiro de 2000.

O clima da região de acordo com a classificação de Köppen adaptada ao Brasil (NAKATA & COELHO, 1978; COELHO & SONCIN, 1982), é do tipo Csa, que representa um clima mesotérmico, semiárido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno. Os meses de junho e julho são os mais frios. As temperaturas médias anuais são inferiores a 20 °C (IBGE, 1991).

#### **3.2. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, utilizando cinco espécies florestais (craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá) e seis níveis de salinidade da água de irrigação (1, 2, 3, 4, 5 e 6 dS m<sup>-1</sup>), com três repetições, totalizando 90 parcelas experimentais. Cada parcela experimental constituiu-se de um vaso, contendo uma planta.

### 3.3. Solo

O material de solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi um solo franco argiloso (Tabela 1), proveniente do Projeto Capoeira, localizado na microbacia do Rio da Cruz (Conhecido como Rio Capoeira), parte da bacia do Rio Piancó (localizada entre os paralelos 7°00' e 7°30'S e 37°30' W), município de São José do Bonfim - PB.

O clima da região de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Bsh, semi-árido quente e seco, com precipitação média anual de 400 mm, e estação seca muito acentuada. As temperaturas médias são superiores a 24 °C com amplitude de 5 °C (SUDENE, 1972).

Tabela 2. Características físico-hídricas e químicas do material de solo utilizado no experimento.

Característica	Valor
GRANULOMETRIA (%)	
Areia	32,32
Silte	33,53
Argila	34,15
Classificação textural	Franco argiloso
Densidade global (g cm <sup>-3</sup> )	1,36
Densidade partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,67
Porosidade (%)	49,06
Umidade Natural (%)	2,41
Tensão à 0,33 atm	20,23
Tensão à 1 atm	17,64
Tensão à 5 atm	14,96
Tensão à 10 atm	10,32
Tensão à 15 atm	9,55
Água Disponível (%)	10,68
Complexo Sortivo meq 100g <sup>-1</sup>	
H	1,42
Al	0,20
Cálcio	8,45
Magnésio	3,53
Sódio	0,24
Potássio	0,05
PH da pasta de saturação	6,78
Relação de Adsorção de Sódio - RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	0,098
Condutividade do extrato de saturação - CEes (dS m <sup>-1</sup> )	0,76

O solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em uma peneira com abertura de malha de 2 mm, posteriormente homogeneizado e determinadas as suas características químicas e físico - hidricas (Tabela 2). As análises das amostras do solo, antes e após a aplicação dos tratamentos (120 dias), Tabelas 2 e 5, foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II - Campina Grande-PB, de acordo com as metodologias propostas por RICHARDS (1954). Aos 120 dias de aplicação dos tratamentos - DAT, foi sorteado em cada tratamento uma das três repetições, para amostragem e análise química.

### 3.4. Preparação das águas de irrigação

As águas com diferentes valores de condutividade elétrica (1, 2, 3, 4, 5 e 6 dS m<sup>-1</sup>) utilizadas nas irrigações, foram preparadas a partir da mistura de soluções contendo 1,0 mol dm<sup>-3</sup> de Na, 1,0 mol dm<sup>-3</sup> de Ca e 0,5 mol dm<sup>-3</sup> de Mg, de modo a ter as proporções equivalentes de 70, 20 e 10%, na água preparados. Essas soluções foram misturadas com a água do tratamento controle (T1 = 1 dS m<sup>-1</sup>), proveniente do açude Boqueirão, localizado no município de Boqueirão - PB, a qual foi caracterizada quimicamente (Tabela 3), seguindo as metodologias recomendadas por RICHARDS (1954). Na Tabela 4, encontram-se os procedimentos metodológicos necessários à obtenção das diferentes águas de irrigação (águas com diferentes níveis de salinidade).

Para a obtenção do nível de salinidade da água de 2 dS m<sup>-1</sup> (T2), foi misturado em um volume de água do açude do Boqueirão, um mesmo volume de água destilada, como mostra os dados da Tabela 4. Em seguida para promover uma diluição na proporção de 1:1, adicionou-se Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, nas proporções equivalentes de 70, 20 e 10%, respectivamente. Na condutividade elétrica de 3 dS m<sup>-1</sup> (T3), não foi necessário a adição de cloreto de magnésio pois a concentração do íon Mg<sup>2+</sup>, existente na água do tratamento controle (água do açude Boqueirão), foi suficiente para a obtenção da concentração desejada de Mg<sup>2+</sup>.

Tabela 3. Características químicas da água utilizada para irrigação das plantas controle.

Parâmetros	Unidades	Valor
pH	-	7,78
CE	dS m <sup>-1</sup> a 25 °C	1,00
Na	meq L <sup>-1</sup>	6,73
K	meq L <sup>-1</sup>	0,20
Ca	meq L <sup>-1</sup>	2,43
Mg	meq L <sup>-1</sup>	3,30
CO <sub>3</sub>	meq L <sup>-1</sup>	0,00
HCO <sub>3</sub>	meq L <sup>-1</sup>	2,26
Cl <sup>-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	8,78
SO <sub>4</sub>	meq L <sup>-1</sup>	ausente
RAS	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	3,98

Nos demais tratamentos, T4, T5 e T6, foi adicionado na água do açude Boqueirão volumes de Na, Ca e Mg, em proporção de 7 : 2 : 1, necessários para a obtenção das concentrações de 4, 5 e 6 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 4).

Tabela 4. Volumes de sais e água utilizados no preparo das soluções de irrigação.

Tratamentos	CEa (dS m <sup>-1</sup> )	NaCl 1N	CaCl <sub>2</sub> 2 H <sub>2</sub> O 1N	MgCl <sub>2</sub> 6 H <sub>2</sub> O 1N	Água do Boqueirão	Água destilada	Volume total
(mL L <sup>-1</sup> de água de irrigação)							
T1	1	0,00	0,00	0,00	1000,00	0,00	1000
T2	2	10,64	2,78	0,35	493,12	493,12	1000
T3	3	14,27	3,57	0,00	982,16	0,00	1000
T4	4	21,27	5,57	0,70	972,46	0,00	1000
T5	5	28,27	7,57	1,70	962,46	0,00	1000
T6	6	35,27	9,57	2,70	952,46	0,00	1000

### 3.5. Condicionamento dos vasos para plantio

Vasos plásticos, com altura de 34 cm, e diâmetro de 29 cm, foram utilizados no estudo. Para a coleta da água de drenagem (intervalos de 15 dias), cada recipiente foi perfurado em sua parte inferior onde acoplou-se uma mangueira plástica com diâmetro de 12,7 mm, a qual foi conectada a um recipiente coletor com capacidade de armazenamento de 2 dm<sup>3</sup>, como mostra a Figura 1. Os vasos receberam uma primeira camada de brita (2,8 kg), seguida por uma camada de areia grossa (4,48 kg) e, finalmente, o solo (13,8 kg).

Após o preenchimento dos vasos, realizou-se uma primeira irrigação, aplicando ao solo um volume de água (T1) suficiente para levá-lo uma condição de umidade próxima da saturação, em seguida, mediu-se o volume drenado (mL). Na manhã do dia seguinte fez-se a semeadura (5 sementes/vaso), e procedeu-se as demais irrigações até o final dos primeiros 30 dias com a água do tratamento testemunha (água do açúde Boqueirão), nesta ocasião foi aplicado ao solo apenas 1L de água por recipiente, e não ocorreu drenagem.

Decorridos 30 dias após a semeadura (DAS), período de início da aplicação dos tratamentos o solo foi saturado, e calculou-se o volume a ser utilizado nas próximas irrigações, através da diferença entre o volume de água aplicado e o drenado. O processo de saturação do solo foi realizado a cada 15 dias, ou seja, duas vezes ao mês o solo foi irrigado de forma excessiva, possibilitando estimar as necessidades hídricas das plantas das diferentes espécies florestais. Além disso, no decorrer do experimento, aproximadamente aos 60 dias de aplicação dos tratamentos, foi observada variação nas necessidades de irrigação, e no volume a ser aplicado, dentro de um mesmo tratamento e de uma mesma espécie, sendo assim não foi possível estabelecer para todo o experimento um mesmo turno de rega.





Figura 1. Sistema utilizado para coleta da água de drenagem.

As sementes utilizadas neste estudo foram provenientes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) de Nisia Floresta, Rio Grande do Norte. Decorridos 28 dias após a semeadura - DAS, procedeu-se a um desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

A primeira adubação foi realizada 30 dias após a semeadura. Uma quantidade de matéria orgânica (húmus de minhoca) correspondente a 2% da massa do solo, contida em cada vaso, foi utilizada. Uma segunda adubação foi realizada 90 dias após ao semeio, obedecendo-se os critérios adotados na primeira adubação. A matéria orgânica foi adicionada na camada superficial do solo.

### 3.6. Variáveis analisadas

#### 3.6.1. Solo

O efeito da salinidade da água nas propriedades químicas do solo, foi observado aos 120 dias de aplicação dos tratamentos, sorteando-se em cada tratamento e em cada espécie uma repetição para posterior análise de laboratório. Em cada amostra de solo, foram determinadas as seguintes variáveis: condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) a 25 °C, pH da pasta de saturação e os cátions solúveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$

e  $K^+$ ), de acordo com as metodologias propostas por RICHARDS (1954). A partir das concentrações de  $Na^+$  e  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , foi obtido a relação de adsorção de sódio (RAS), expressa em  $(mmol L^{-1})^{0.5}$ .

### **3.6.2. Planta**

#### **a) Altura da parte aérea (APA)**

A determinação da altura da parte aérea das espécies florestais estudadas foi avaliada no início da aplicação dos tratamentos (30 DAS) e, posteriormente, a cada 30 dias até o final do período experimental (150 DAS). Considerou-se como a altura da parte aérea, à distância a partir do ponto de inserção entre o caule e o sistema radicular (base da planta), até a gema apical do caule principal. A medição da altura da parte aérea (expressa em cm), foi obtida com o auxílio de uma régua.

#### **b) Diâmetro do coleto (DC)**

Com o auxílio de um paquímetro, a intervalos de 30 dias, determinou-se o diâmetro de cada planta, considerando para isto o ponto de inserção entre o caule e o sistema radicular (base da planta). Esta variável somente foi avaliada decorridos 30 dias da aplicação dos tratamentos (60 dias após a germinação). Os resultados do diâmetro das plantas foram expressos em mm.

### c) Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca das raízes (MSR)

Transcorridos 120 dias da aplicação dos tratamentos (150 dias após a semeadura), as plantas foram separadas em parte aérea e raízes, sendo o material vegetal seco em estufa, a 60 °C, por 48 horas. A massa seca da parte aérea e das raízes das plantas (expressa em g), foi determinada através de pesagem.

### d) Taxa de crescimento relativo (TCR)

Com os resultados da APA das plantas, aplicou-se na equação proposta por FERRI (1985), e obteve-se a Taxa de Crescimento Relativo – TCR (cm/cm/dia), nas diferentes épocas de observação.

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

Onde: TCR = Taxa de crescimento relativo (cm/cm/dia)

$P_2 - P_1$  = crescimento nos tempos  $t_2 - t_1$

### 3.7. Análises estatísticas

O efeito dos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação sobre a altura da parte aérea, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, e massa seca das raízes das espécies florestais, foi analisado individualmente para cada espécie, através de análise de variância (GOMES, 1978). Foi realizada análise de regressão polinomial (linear e quadrática) para explicar o efeito dos diferentes níveis de salinidade da água aos 120 dias de aplicação dos tratamentos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estudos do solo

#### 4.1.1. Características químicas do solo antes e no final do experimento

Com base nos resultados das análises químicas do solo antes (Tabela 2), e após 120 dias de aplicação dos tratamentos - DAT (Tabela 5), a exceção dos valores de pH, observa-se que houve substanciais modificações em todas as variáveis analisadas após a utilização de águas de diferentes níveis de salinidade. Essas variações foram bem mais expressivas com o aumento da concentração dos sais dissolvidos na água de irrigação.

Pelos resultados das análises do solo antes e após a aplicação dos tratamentos (Tabelas 2 e 5), verifica-se que tanto no tratamento controle (T1), onde o nível de salinidade da água foi o menor, como no tratamento com maior nível de salinidade da água (T6), ocorreram diferenças marcantes nas concentrações dos íons, particularmente nos valores da condutividade elétrica do extrato de saturação CEes (Tabela 5), apesar dos resultados não apresentarem uma tendência bem definida entre os níveis intermediários de salinidade, como por exemplo, nas concentrações de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  entre os tratamentos T2 e T5 da craibeira. Este fato foi possivelmente devido ao tamanho e a forma da amostragem. Ressalta-se, contudo, que as diferenças foram observadas também nas variáveis entre plantas. Por exemplo, tomando como referência os valores de CEes para as plantas de craibeira no T1 (Tabela 5), o valor observado é de  $4,74 \text{ dS m}^{-1}$ , enquanto que para as plantas de pau-ferro é de  $7,86 \text{ dS m}^{-1}$ . É possível que, em ambas as situações, o

consumo médio de água diferenciado das plantas (76,29 e 122,90 L) respectivamente, tenha sido, em parte, responsável pelas diferenças nos valores de CEes (Tabela 6). Assim, espera-se, por exemplo, que o solo com aquelas plantas que tenham apresentado maiores consumos de água durante o período experimental (Tabela 6), exigindo, portanto, maiores lâminas de irrigação tenham, conseqüentemente, recebido maior quantidade de sais. Desta forma, parece ser razoável a sugestão de que fatores de natureza fisiológica, associados possivelmente, a uma absorção mais eficiente de íons pelas plantas expliquem este comportamento. Em condições de salinidade excessiva, há um aumento principalmente dos íons  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ , tanto no meio externo quanto no citosol das células (LAUCHLI & WINEKE 1979), sendo este comportamento acompanhado por uma gradual e contínua redução na disponibilidade de nutrientes para as plantas (BOTTACIN et al., 1985). Entretanto, de acordo com VIÉGAS (1999), algumas plantas, principalmente as halófitas e glicófitas resistentes (excesso de sais no solo, por exemplo), exibem mecanismos fisiológicos e bioquímicos que permitem tanto a absorção de grandes quantidades de íons como a compatibilização dessas quantidades com o crescimento da planta.

Os maiores valores de CEes observados, como tendência, para o aumento da salinidade da água nos tratamentos e espécies estudadas justifica-se, portanto, pelas elevações nos teores dos íons de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  no solo, mesmo nas plantas controle (Tabela 5). Do ponto de vista fisiológico, aumentos consideráveis na concentração de sais no solo levam, necessariamente, a distúrbios no metabolismo geral das plantas. Esses distúrbios, dependendo da espécie de planta provocam, entre outros fatores, danos ao aparato fotossintético, senescência precoce além de reduções na absorção de nutrientes essenciais e de água. Desta forma, o efeito da salinidade sobre a fisiologia das plantas é um processo que envolve várias etapas, cuja complexidade não foi ainda completamente elucidada. É difícil estabelecer se os efeitos da salinidade sobre a absorção de nutrientes são restritos ao campo osmótico, ao campo da toxicidade iônica, ou a ambos (VIÉGAS et al., 1999).

De acordo com a média dos resultados da condutividade elétrica do extrato de saturação aos 120 dias de aplicação dos tratamentos, verificou-se relação significativa ao nível de 1% de probabilidade entre salinidade da água utilizada (CEa) e a condutividade elétrica do extrato de saturação - CEes (Figura 2), com coeficiente de determinação de 0,93. A equação apresenta, que para cada incremento unitário de CEa ocorreu um aumento de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  na CEes. A equação de regressão apresenta intercepto igual a 4,27 e não a

zero devido as adubações realizadas aos 30 e 90 dias antes do término o experimento, aplicando uma quantidade de húmus equivalente a 2% da massa de solo contida em cada vaso (13,80 kg de solo), e após a aplicação não houve lixiviação apreciável.

Como o solo não apresentava problema de salinidade, e não foram aplicados fertilizantes inorgânicos, o elevado valor de intercepto (4,27) contido na equação (Figura 2) foi decorrente da adubação orgânica (húmus) feita aos 30 e 90 dias de aplicação dos tratamentos, pois sabe-se que o húmus contém alta concentração de sais.

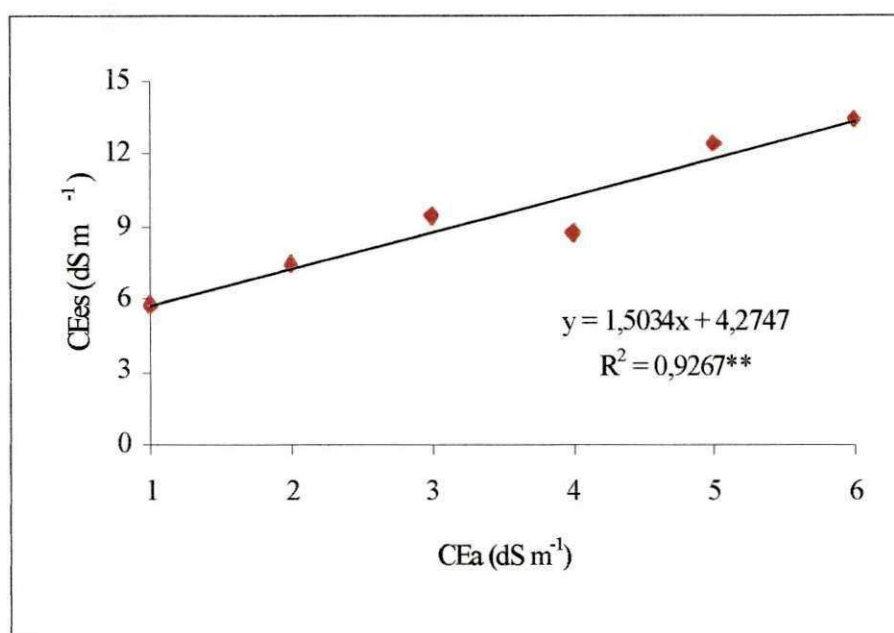


Figura 2. Relação média entre CEa e CEes do solo em diversas espécies florestais após 120 DAT.

Há algum tempo, tem sido preconizado que durante os primeiros dias que a planta é submetida a salinidade, ela experimenta um estresse osmótico e, após um longo período, experimenta um estresse iônico (MUNNS & TERMAAT, 1986; CRAMER & NOVAK, 1992). No entanto, existe na literatura resultados que sugerem, que o efeito da salinidade sobre o crescimento da planta é principalmente osmótico, muito mais que um efeito de toxicidade iônica específica (VIÉGAS et al., 1999).

Tabela 5. Características químicas do solo no final do experimento.

Espécies	Características do solo						
	CEa (dS m <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	pH	CEcs (dS m <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>
craibeira	1	10,00	32,97	0,86	7,19	4,74	12,46
	2	17,00	56,97	1,57	7,11	7,50	18,12
	3	18,50	59,97	0,90	6,97	9,65	19,99
	4	18,63	69,97	1,97	6,86	8,54	26,81
	5	16,25	55,97	0,92	7,04	8,09	19,64
	6	26,25	86,97	1,97	6,89	15,39	24,06
favela	1	4,75	39,97	0,85	6,77	7,27	36,07
	2	10,00	38,97	1,97	7,03	4,85	14,23
	3	19,25	57,97	0,96	6,86	9,59	17,84
	4	14,00	58,97	1,37	6,83	7,25	20,38
	5	21,00	77,97	1,47	7,00	11,74	24,21
	6	13,50	61,97	0,98	6,91	8,60	21,10
jurema-preta	1	8,13	29,97	0,89	7,59	4,47	10,60
	2	5,88	40,97	0,72	7,24	4,56	19,73
	3	3,25	66,97	0,98	7,07	9,83	26,66
	4	16,50	89,97	1,67	7,15	10,56	34,47
	5	25,50	99,97	1,97	6,82	17,58	27,79
	6	24,88	99,97	1,77	6,84	16,98	26,03
pau-ferro	1	17,38	54,97	0,98	7,25	7,86	19,67
	2	55,88	49,97	3,55	7,04	12,94	45,03
	3	9,25	61,97	0,94	7,22	9,40	22,92
	4	14,75	79,97	0,96	7,07	8,76	30,36
	5	22,00	99,97	1,97	7,09	15,21	26,31
	6	22,50	87,97	1,77	7,11	13,57	28,34
sabiá	1	7,25	32,97	0,88	7,21	4,53	11,99
	2	14,00	85,97	0,98	6,84	7,23	36,23
	3	10,38	53,97	0,92	7,14	8,64	25,62
	4	15,25	69,97	0,90	6,99	8,72	27,71
	5	6,63	66,97	0,87	7,00	9,44	32,23
	6	20,13	85,97	0,98	6,74	12,62	30,51

#### 4.1.2. Volume de água aplicado e drenado

As diferenças observadas entre os volumes de água aplicados e os drenados entre espécies (Tabela 6) e os níveis de salinidade da água, foram devido às taxas de evapotranspiração das espécies serem diferentes, pois apresentam características fisiológicas distintas, como tamanho, estrutura e número de folhas, área foliar, número de estômatos.

Considerando que a evaporação assumiu valores uniformes para todos os tratamentos, conclui-se que o aumento da concentração de sais na água de irrigação levou a reduções na absorção de água, comparativamente às plantas controle, em todas as espécies estudadas (Tabela 6). Essas reduções, ao longo do período experimental (considerando-se o T6), atingiram maior ordem de magnitude nas plantas de favela (43% em relação ao controle T1) e, por outro lado, foram menos expressivas para as plantas de craibeira (12%). De forma geral, as plantas que desenvolvem um mecanismo de ajustamento osmótico mais eficiente mantêm, dependendo do nível de salinidade que encontram-se expostas, taxas de absorção de água compatíveis com o crescimento celular (VIÉGAS, 1999), o que possivelmente ocorre com a craibeira.

O crescimento celular parece ser a resposta mais sensível das plantas ao estresse hídrico provocado pela salinidade. Espera-se que em condições de salinidade elevada na água de irrigação (por exemplo, no T6) a expansão celular, e por conseqüência, o crescimento das plantas, dependam da manutenção do influxo de água em níveis compatíveis com o metabolismo celular. Desta forma, algumas espécies halófitas, como também glicófitas resistentes, promovem aumentos nas taxas de absorção de íons, provocando diminuição no potencial osmótico das raízes e de outras partes das plantas (ajustamento osmótico), favorecendo a entrada e a manutenção de água na célula (NIU et al., 1995). Concomitantemente a absorção de íons, algumas espécies promovem a biossíntese de compostos compatíveis com o metabolismo da planta de forma a promover a manutenção de um estatus hídrico compatível com o crescimento da planta (BOHNERT & JENSEN, 1996).

Considerando o raciocínio exposto anteriormente, uma análise quantitativa dos resultados obtidos neste estudo (Tabela 6), leva a sugerir que as plantas de craibeira, quando comparadas com as demais espécies em investigação, apresentaram aparentemente



um ajustamento osmótico bem mais eficiente, permitindo somente uma pequena redução na absorção de água no maior nível de salinidade (T6), em relação às plantas controle de 12%.

Entretanto, uma maior absorção de íons, se por um lado permite uma absorção mais eficiente de água, por outro, dependendo da espécie, pode levar a toxicidade iônica e a um desequilíbrio nutricional. VIÉGAS (1999), em estudos realizado com plantas jovens de Caju (*Anacardium occidentale*), observou uma redução de 50% nas taxas de absorção de água nas primeiras oito horas de estresse salino, no entanto, ao longo do período experimental, verificou uma progressiva recuperação nas taxas de absorção de água por essas plantas concomitantemente com aumentos nos teores de íons, principalmente nas folhas, levando a um desequilíbrio nutricional e conseqüentemente a uma redução no crescimento.

Tabela 6. Volume total de água aplicado e drenado ( $\text{dm}^3$ ), nas plantas de craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá, em cada tratamento, ao longo do período experimental.

CEa ( $\text{dS m}^{-1}$ )	craibeira		favela		jurema-preta		pau-ferro		sabiá	
	volume ( $\text{dm}^3$ )									
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
1	80,24	3,95	135,74	2,96	123,31	4,85	126,90	4,00	130,85	3,75
2	76,59	4,00	98,59	4,18	114,03	3,46	124,19	4,20	121,16	3,25
3	73,88	2,75	96,43	2,96	116,70	3,00	120,48	3,25	117,29	4,15
4	74,29	3,30	94,74	3,02	113,88	3,42	117,80	4,22	114,25	3,30
5	69,38	3,50	85,35	4,40	112,79	3,01	107,98	2,98	107,26	3,15
6	70,80	3,72	77,34	3,36	109,78	2,95	91,46	3,00	105,05	2,65

A = aplicado; D = drenado

## 4.2. Efeito da salinidade da água no crescimento de cinco espécies florestais

### 4.2.1. Altura da parte aérea (APA)

A altura da parte aérea das espécies utilizadas neste estudo foi severamente afetada por efeito do aumento da salinidade na água de irrigação, ao longo do período dos tratamentos (Figuras 3, 4 e 5), tendo-se observado somente 60 dias após a aplicação dos tratamentos efeito da salinidade água na APA das espécies. No caso das plantas de craibeira (Figura 3-A), as maiores alturas foram observadas no tratamento controle (T1), em cada época de amostragem. Entretanto, com o aumento da salinidade da água de irrigação, os tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6 apresentaram nessa ordem, reduções no incremento em altura, e aos 120 de aplicação dos tratamentos - DAT diferiram estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 7).

Quando se compara a APA atingida pelas plantas controle da craibeira (Figura 3-A) com as plantas cultivadas no maior nível de salinidade da água T6, decorridos 120 dias de aplicação dos tratamentos, observa-se um decréscimo de 61,10% nesta variável. No caso da produção de massa seca da parte aérea, essa redução atingiu 78,30 % (item 4.2.3). Resultados observados para as plantas jovens de favela após 120 dias de tratamento (Figura 3-B) permitem a inferência de que a salinidade da água até 3 dS m<sup>-1</sup> (T3), promoveu, em termos percentuais, um ganho no crescimento em altura das plantas de 70%, em relação às plantas controle (T1), este fato possivelmente aconteceu, devido à ação de íons que em determinadas concentrações, podem induzir o crescimento da planta, como é o caso do sódio (Na<sup>+</sup>), conseqüentemente, ultrapassando esse limite a planta reduz o crescimento (VIÉGAS, 1999), provavelmente foi o caso da favela. Diante destas observações, verifica-se que não houve contribuição do aumento em altura da parte aérea com relação à produção de massa seca nas plantas de favela.

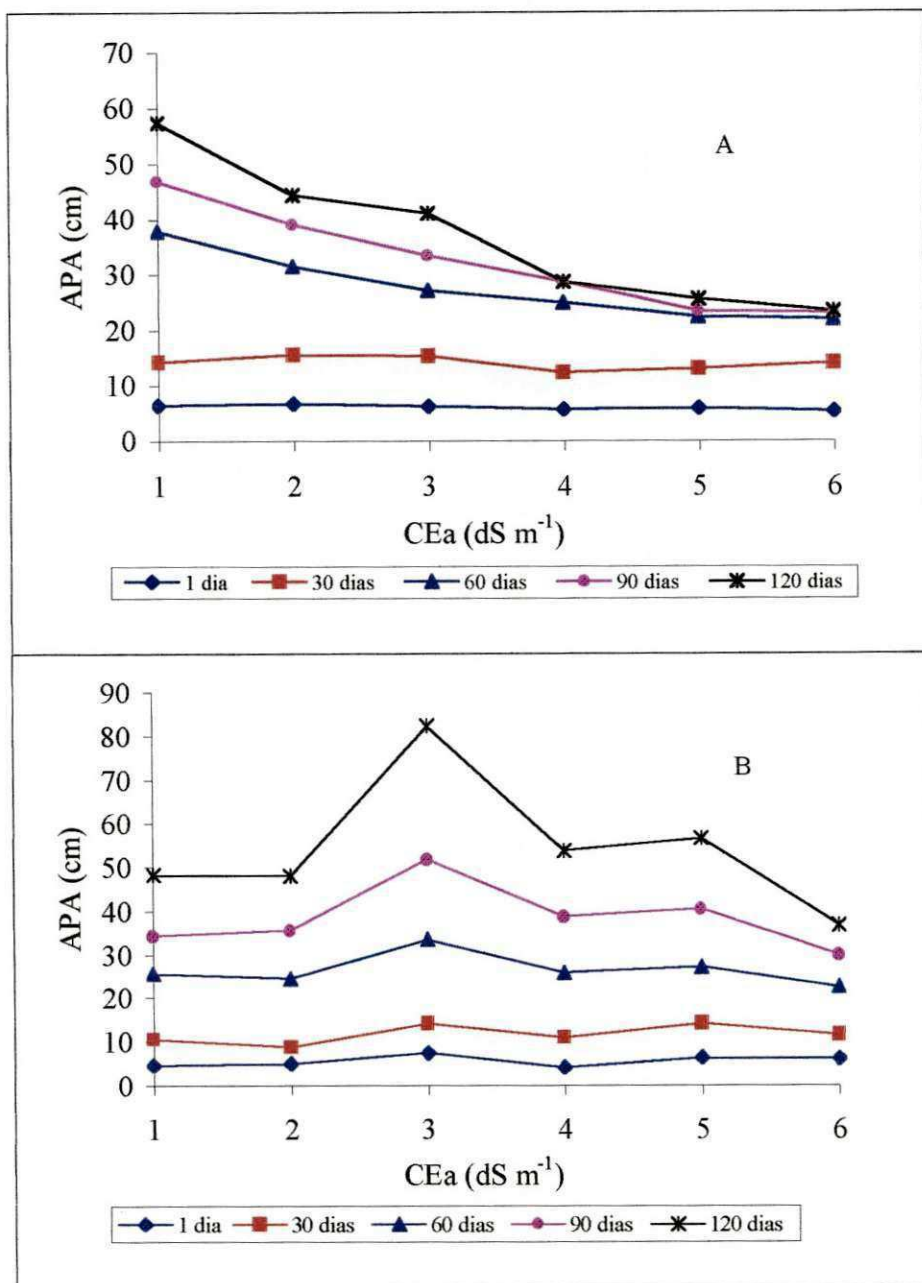


Figura 3. Incrementos médio de altura da parte aérea em plantas de craibeira (A) e de favela (B), aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Muito embora não tenha havido uma lógica biológica relacionada aos resultados da APA das plantas de jurema-preta, particularmente com relação aos tratamentos T2, T3 e T4 a partir da avaliação feita aos 60 dias (Figura 4-A), verifica-se que não houve efeito significativo das diferentes qualidades de água no desenvolvimento das plantas aos 120 dias de aplicação dos tratamentos (Tabela 7). Apesar dos resultados

mostrarem que o efeito da salinidade não foi estatisticamente significativo, observa-se uma evidente redução no incremento em altura, com o aumento da salinidade e com o tempo de cultivo das plantas. Assim, considerando os resultados obtidos aos 120 dias de aplicação do tratamento T6, observou-se uma redução de aproximadamente 24,37% na altura das plantas de jurema-preta em relação às plantas controle (Figura 4-A e Tabela 7).

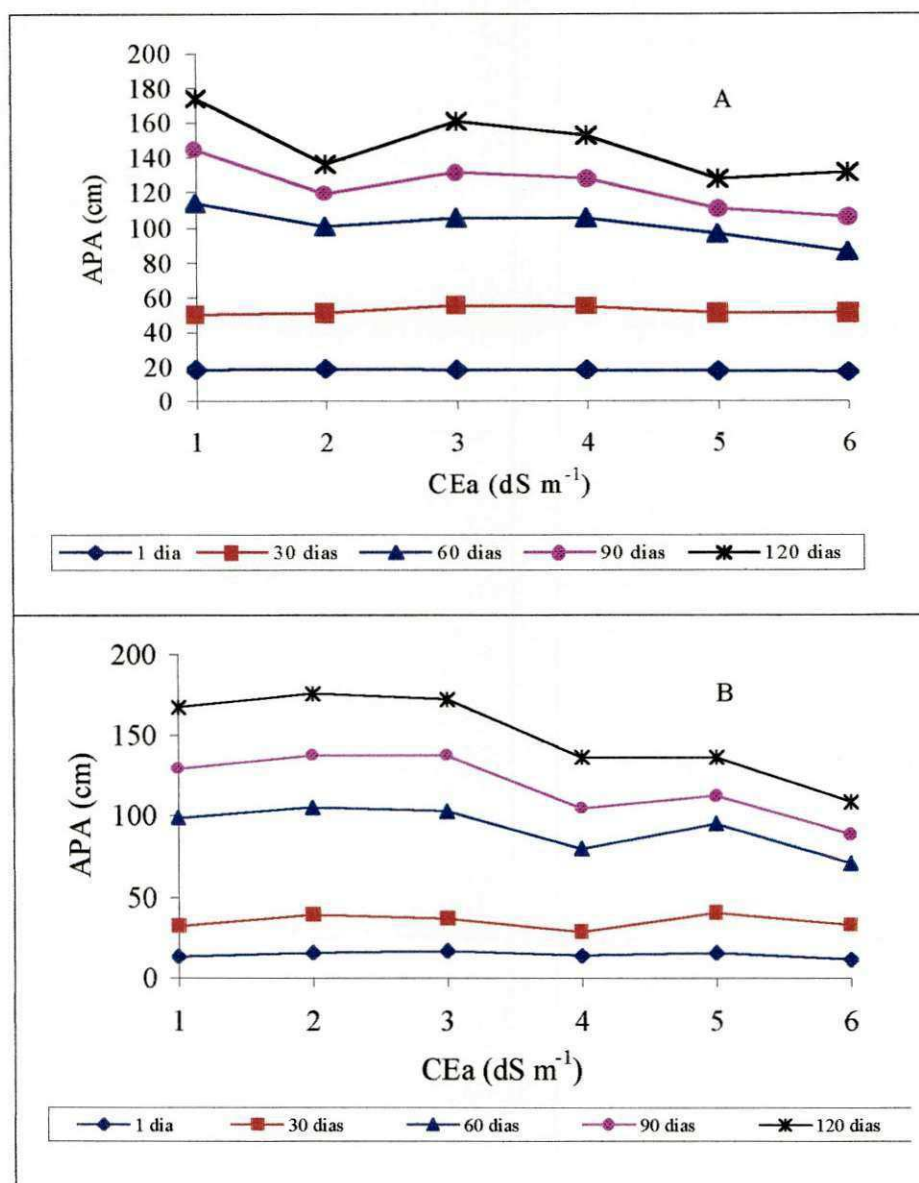


Figura 4. Incrementos médio de altura da parte aérea em plantas de jurema-preta (A) e pau-ferro (B), aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Verificando-se os resultados de altura da parte aérea (APA) das plantas de pau-ferro observa-se que, no decorrer do período experimental, eles foram similar em resposta aos níveis de salinidade T1, T2, e T3 (Figura 4-B). Este comportamento permite sugerir que as plantas de pau-ferro, durante a fase inicial de crescimento, responde igualmente aos valores de condutividade elétrica da água de até  $3 \text{ dS m}^{-1}$ . Entretanto, em valores de CEa acima de  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (T3), o incremento em altura da parte aérea das plantas de pau-ferro foi afetado a partir dos 60 dias de aplicação dos tratamentos, chegando a ocorrer, no final das avaliações (120 DAT), uma redução de aproximadamente 35,46% (Tabela 7), entre as plantas do nível do nível controle e as do nível de  $6 \text{ dS m}^{-1}$ . Dessa forma, avaliando os dados da Tabela 7, verifica-se que aos 120 DAT houve efeito significativo dos tratamentos ao nível de 1% de probabilidade na altura da parte aérea das plantas de pau-ferro.

A exemplo dos resultados obtidos para as plantas de favela (Figura 3-B), há uma tendência bastante clara no sentido de se afirmar que a condutividade elétrica da água (CEa) próxima a  $2 \text{ dS m}^{-1}$ , promoveu ganhos no crescimento em altura nas plantas de sabiá (Figura 5). Aos 120 dias de aplicação dos tratamentos, a altura atingida por estas plantas em T2 ( $2 \text{ dS m}^{-1}$ ) foi, 24,57% maior que nas plantas controle. Paralelamente a este ganho no incremento em altura no (T2), essas plantas exibiram uma maior produção de massa seca da parte aérea (Tabela 10). Comportamento inverso foi observado para a massa seca das raízes, em resposta ao T2 ( $2 \text{ dS m}^{-1}$ ), as quais exibiram menores incrementos em altura em relação às plantas controle (Tabela 10). Nos níveis de salinidade superiores a  $2 \text{ dS m}^{-1}$ , ocorreu efeito prejudicial da salinidade no incremento em altura das plantas da sabiá, com uma redução de 26,30% no tratamento T6, em relação as plantas controle.

Conforme estudos de regressão, realizado aos 120 dias de aplicação dos tratamentos a salinidade afetou significativamente (1% de probabilidade), a altura da parte aérea das espécies craibeira e pau-ferro (Figura 6 e Tabela 7).

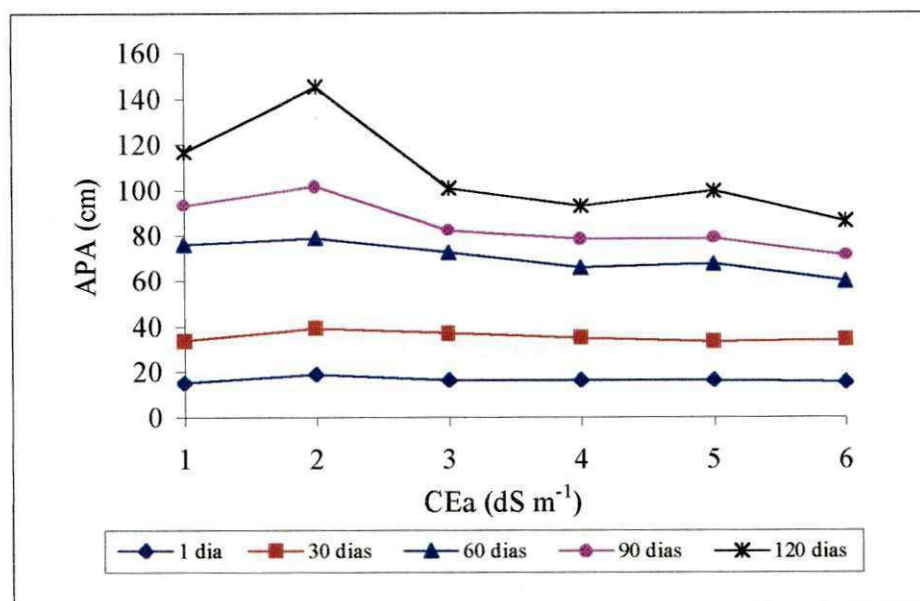


Figura 5. Incrementos médio de altura da parte aérea em plantas de sabiá, aos 30, 60, 90 e 120 DAT, cultivadas em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Tabela 7. Resumo de ANOVA e médias para APA da craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá cultivadas em condições de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Causa de variância	Época de avaliação - APA (120 DAT)				
	craibeira	favela	jurema-preta	pau-ferro	sabiá
	Valores F				
Salinidade (T)	53,18**	2,95 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	6,04**	2,41 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Linear	247,92**	0,002 <sup>ns</sup>	2,97 <sup>ns</sup>	25,81**	6,69 *
Reg. Pol. Quadr.	10,65**	8,099 *	0,003 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
Desv. Reg.	2,44 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>
QMResíduo	10,26	374,71	867,22	295,67	573,78
CV (%)	8,83	34,83	20,03	11,92	22,43
	Médias				
Salinidade					
T <sub>1</sub>	57,00	48,33	173,67	167,33	116,67
T <sub>2</sub>	44,33	35,83	136,00	175,67	145,33
T <sub>3</sub>	41,00	82,33	161,00	142,33	100,67
T <sub>4</sub>	28,67	73,67	152,33	136,00	92,67
T <sub>5</sub>	23,33	56,67	127,67	136,00	99,33
T <sub>6</sub>	23,33	36,67	131,33	108,00	86,00

(\*) significativo a 5% e (\*\*) a 1% de probabilidade; (<sup>ns</sup>) não significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com a equação (obtida por regressão), significativa ao nível de 1% de probabilidade, o efeito da salinidade da água na altura da parte aérea das plantas de craibeira foi quadrático, com coeficiente de determinação de 0,97 (Figura 6-A). Conforme a predição do modelo matemático, ocorreu decréscimo na APA das plantas de craibeira (Figura 6-A), com o aumento da salinidade. Os decréscimos relativos (comparados a T1), para os maiores níveis de salinidade (T5 e T6), foram de 55,81 e 61,10%, respectivamente (com base no modelo matemático).

A equação obtida através de regressão para a altura das plantas de pau-ferro (Figura 6-B), aos 120 dias de aplicação dos tratamentos, significativa ao nível de 1% de probabilidade, apresentou efeito linear e decrescente com coeficiente de determinação de 0,86. O decréscimo relativo (comparado a T1) foi de 6,91%, para cada incremento de 1 dS m<sup>-1</sup> de CEa. Verificando-se no maior nível de salinidade da água (T6), um decréscimo relativo de 34,57% em relação ao T1 (Figura 6-B e Tabela 7).

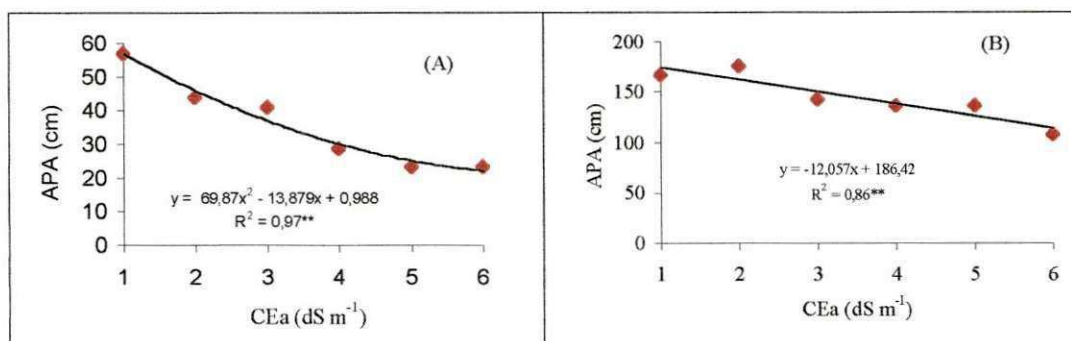


Figura 6. Altura da parte aérea das espécies craibeira (A) e pau-ferro (B), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 DAT.

De acordo com os resultados da taxa de crescimento relativo (TCR) em altura, observa-se que em todas as espécies estudadas esta variável foi severamente afetada pela salinidade, após 30 dias de aplicação dos tratamentos Tabela 8, mesmo nas plantas controle. Este fato, em parte, pode ser explicado através do acúmulo progressivo da salinidade do solo, ao longo do período experimental, o que normalmente leva a menores incrementos em altura. Por exemplo, verifica-se que, em todas as espécies a taxa de crescimento relativo, observada nos intervalos de tempo, de 60 a 90 e de 90 a 120 dias (Tabela 8), apresentou em termos médios as maiores reduções. Considerando as reduções

observadas na TCR, das plantas jovens de craibeira e de favela, pode-se sugerir que estas espécies foram mais sensíveis aos efeitos da salinidade. Entretanto, espécies como a jurema-preta, pau-ferro e sabiá apresentaram como tendência melhor comportamento com os efeitos da salinidade da água. Ressalta-se ainda que, além dos efeitos no decorrer do tempo, o aumento dos níveis de salinidade, também contribuiu para as reduções na TCR das espécies.

Tabela 8. Resultados da taxa de crescimento relativo (TCR) em altura das espécies estudadas, em diferentes períodos de avaliação.

Espécie	CEa (dS m <sup>-1</sup> )	TCR (cm/cm/dia)			
		Intervalo de tempo (dias)			
		0 - 30	30 - 60	60 - 90	90 - 120
craibeira	1	0,027	0,033	0,007	0,007
	2	0,028	0,023	0,007	0,004
	3	0,030	0,019	0,007	0,007
	4	0,026	0,023	0,005	0,000
	5	0,027	0,018	0,001	0,003
	6	0,032	0,015	0,002	0,000
favela	1	0,028	0,029	0,010	0,011
	2	0,019	0,034	0,013	0,010
	3	0,022	0,028	0,014	0,016
	4	0,032	0,028	0,014	0,011
	5	0,027	0,021	0,013	0,011
	6	0,022	0,022	0,009	0,007
jurema-preta	1	0,034	0,027	0,008	0,006
	2	0,034	0,023	0,006	0,004
	3	0,038	0,022	0,007	0,007
	4	0,037	0,022	0,007	0,006
	5	0,037	0,021	0,005	0,005
	6	0,038	0,017	0,007	0,007
pau-ferro	1	0,029	0,037	0,009	0,009
	2	0,030	0,033	0,009	0,008
	3	0,026	0,034	0,010	0,008
	4	0,025	0,034	0,009	0,010
	5	0,031	0,029	0,006	0,007
	6	0,035	0,025	0,007	0,007
sabiá	1	0,027	0,027	0,007	0,008
	2	0,024	0,023	0,009	0,012
	3	0,027	0,022	0,004	0,007
	4	0,025	0,021	0,006	0,006
	5	0,023	0,024	0,005	0,008
	6	0,027	0,019	0,006	0,006



#### 4.2.2. Diâmetro do coleto (DC)

Nas avaliações do diâmetro do coleto, conduzidas em diferentes épocas de amostragem, ao longo do período experimental (Figuras 7, 8 e 9), diferentes respostas com relação ao aumento da salinidade da água foram observadas entre as espécies. Dessa forma, é possível sugerir que a salinidade levou a reduções no incremento desta variável. Portanto, nem sempre foi possível proceder a uma adequada avaliação da resposta das plantas ao aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. A exemplo de outras variáveis já discutidas no contexto desta pesquisa, nem sempre há uma lógica biológica no comportamento observado.

Tabela 9. Resumo de ANOVA e médias para DC da craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá cultivadas em condições de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Causa de variância	Época de avaliação - DC (120 DAT)				
	craibeira	favela	jurema-preta	pau-ferro	sabiá
	Valores F				
Salinidade (T)	6,69 **	0,76 <sup>ns</sup>	0,304 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>	2,59 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Linear	31,87**	0,009 <sup>ns</sup>	0,079 <sup>ns</sup>	9,73 **	11,10**
Reg. Pol. Quadr.	0,35 <sup>ns</sup>	0,258 <sup>ns</sup>	0,113 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Dcsv. Reg.	0,40 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,444 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>
QMRresiduo	3,18	5,67	1,42	2,17	1,81
CV (%)	13,40	19,19	11,97	11,49	13,22
	Médias				
Salinidade					
T <sub>1</sub>	17,50	13,60	9,93	13,63	11,92
T <sub>2</sub>	14,58	10,17	10,05	13,87	10,30
T <sub>3</sub>	13,63	13,23	9,33	14,17	11,10
T <sub>4</sub>	13,07	12,30	10,40	12,87	9,98
T <sub>5</sub>	10,93	12,47	9,73	11,57	9,27
T <sub>6</sub>	10,08	12,63	10,23	10,83	8,43

(\*) significativo a 5% e (\*\*) a 1% de probabilidade; (<sup>ns</sup>) não significativo a 5% de probabilidade.

Há, embora não muito nítida, uma tendência de decréscimo no diâmetro das espécies, com o aumento da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada nas irrigações, após 120 dias de aplicação dos tratamentos (Tabela 9). Quando a condutividade elétrica variou de 1 até 2  $\text{dS m}^{-1}$ , as plantas de craibeira e de favela, exibiram maiores reduções no diâmetro, alcançando valores de 17 a 25%, respectivamente. Nas demais espécies (jurema-preta, pau-ferro, e sabiá), os resultados desta variável mantiveram-se próximo do controle (Tabela 9).

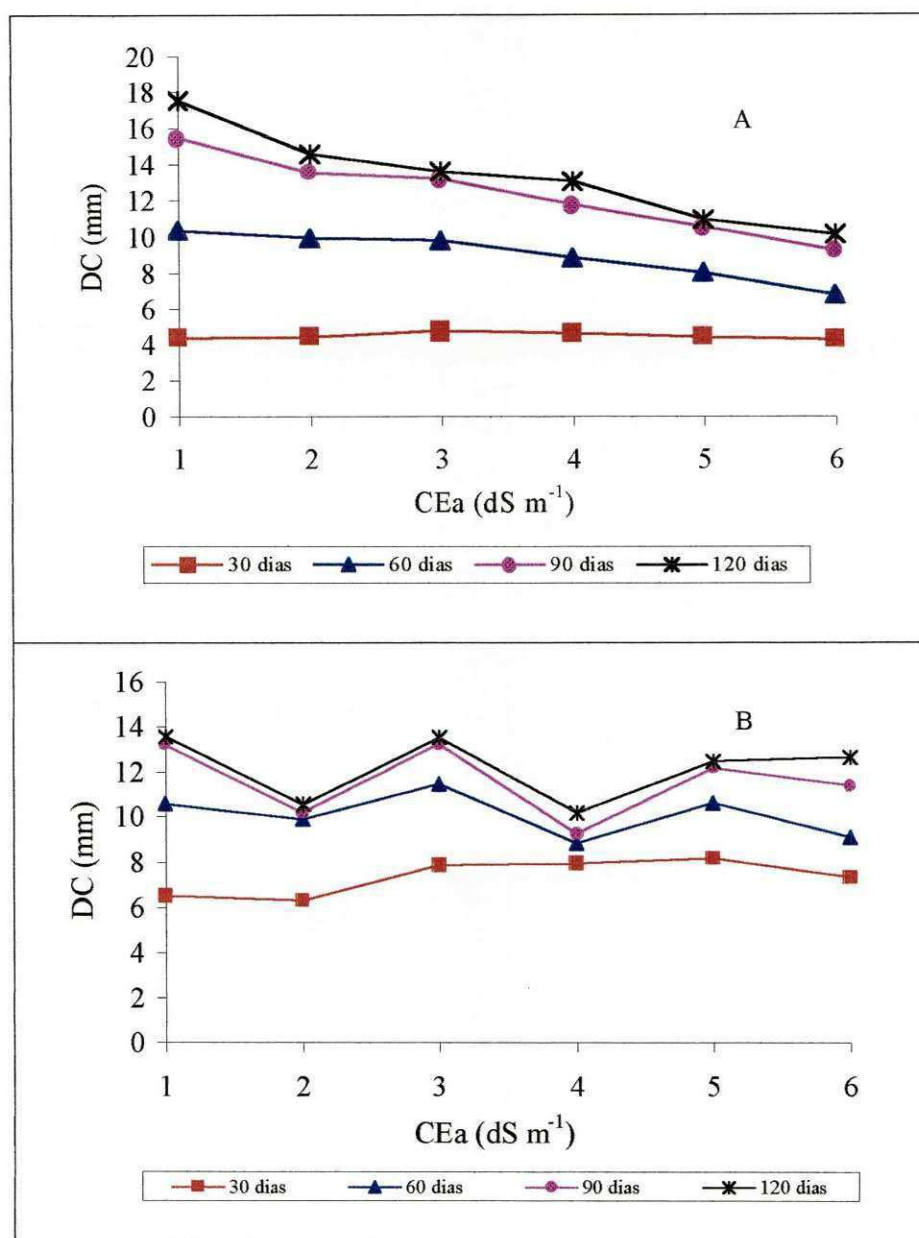


Figura 7. Incrementos médio de diâmetro do coleto em plantas de craibeira (A) e de favela (B) cultivadas aos 30, 60, 90 e 120 DAT em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

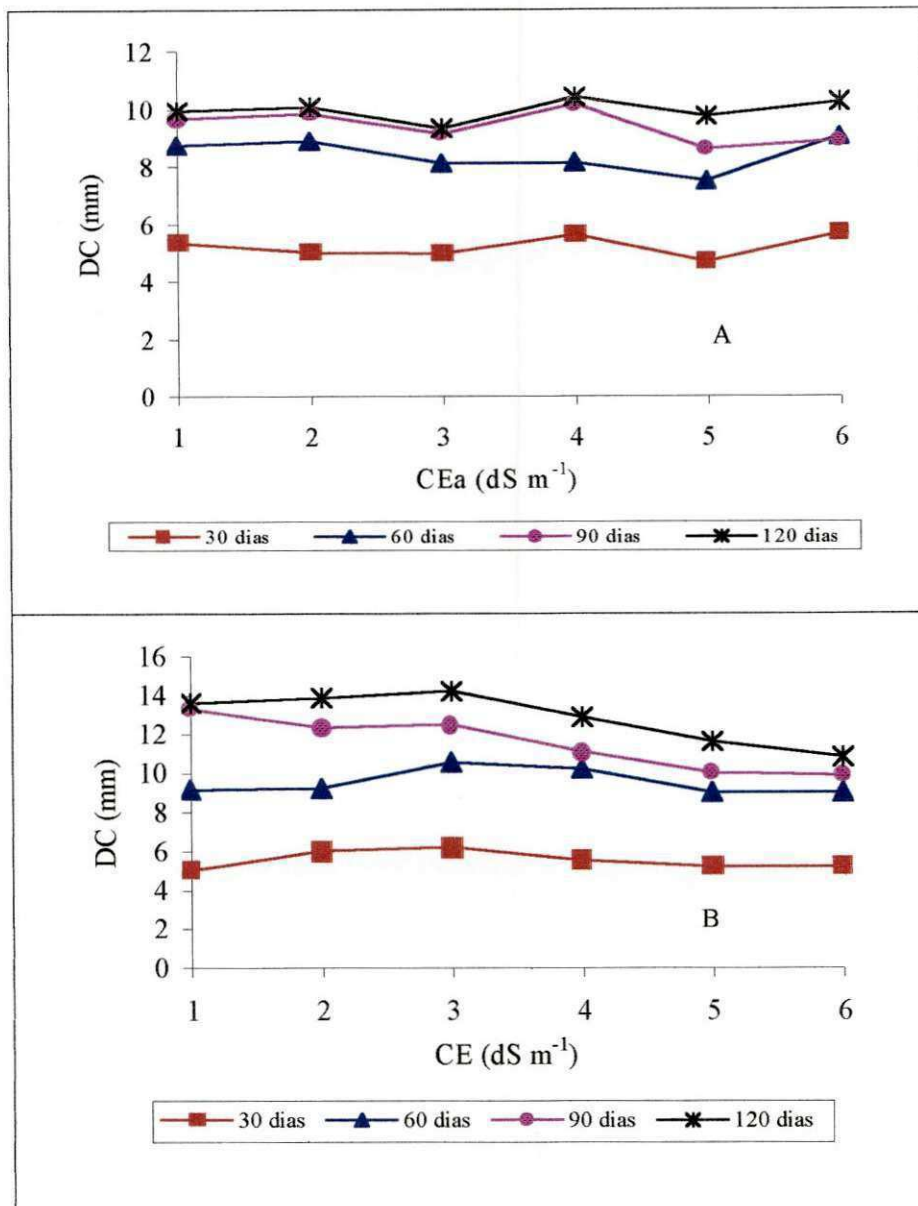


Figura 8. Incrementos médio de diâmetro do coleto em plantas de jurema-preta (A) e de pau-ferro (B) cultivadas aos 30, 60, 90 e 120 DAT em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Do ponto de vista estatístico, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos foram constatadas diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade no diâmetro apenas da espécie florestal craibeira (Tabela 9), observando-se que, com o aumento do teor de sais na água esta variável foi bastante afetada. As plantas de favela alternam aumentos e decréscimos no diâmetro com o aumento da salinidade da água, ao longo do período experimental (Tabela 9 e Figura 7-B), caracterizando-se a partir dos 60 dias de aplicação

dos tratamentos variações mais evidenciadas. Nesta situação, uma hipótese que pode ser atribuída é o material utilizado (sementes), provavelmente com alta variabilidade genética.

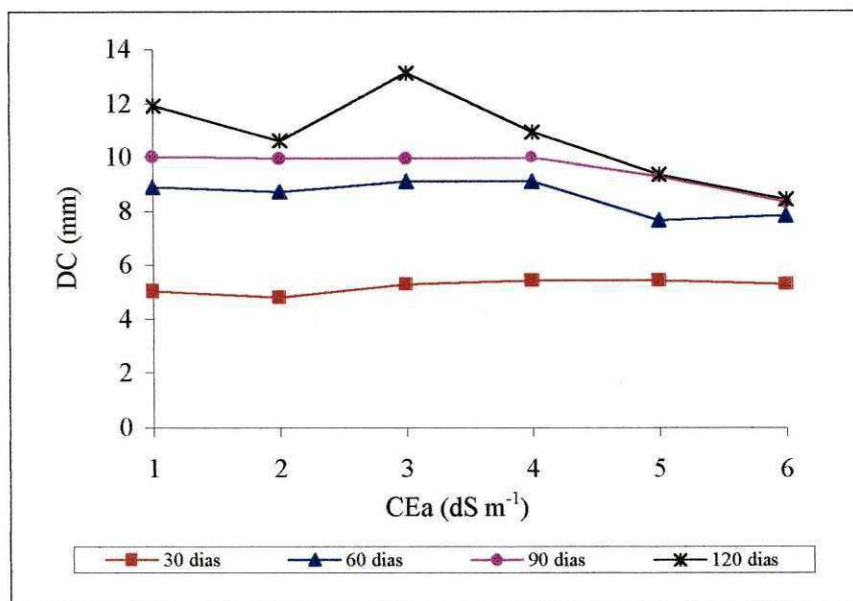


Figura 9. Incrementos médio de diâmetro do coleto em plantas de sabiá cultivadas aos 30, 60, 90 e 120 DAT em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

De acordo com os estudos de regressão, o efeito da salinidade na variável diâmetro do coleto, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos nas plantas jovens de craibeira, pau-ferro e sabiá, foi linear e decrescente (Figura 10). Os decréscimos, em relação ao T1, para estas espécies, foram de 41,40, 22,01 e 26,42%, respectivamente, em relação ao maior nível de salinidade da água. As equações de regressão (Figura 10), mostram os respectivos coeficientes de determinação (0,95, 0,77 e 0,86), destas espécies.

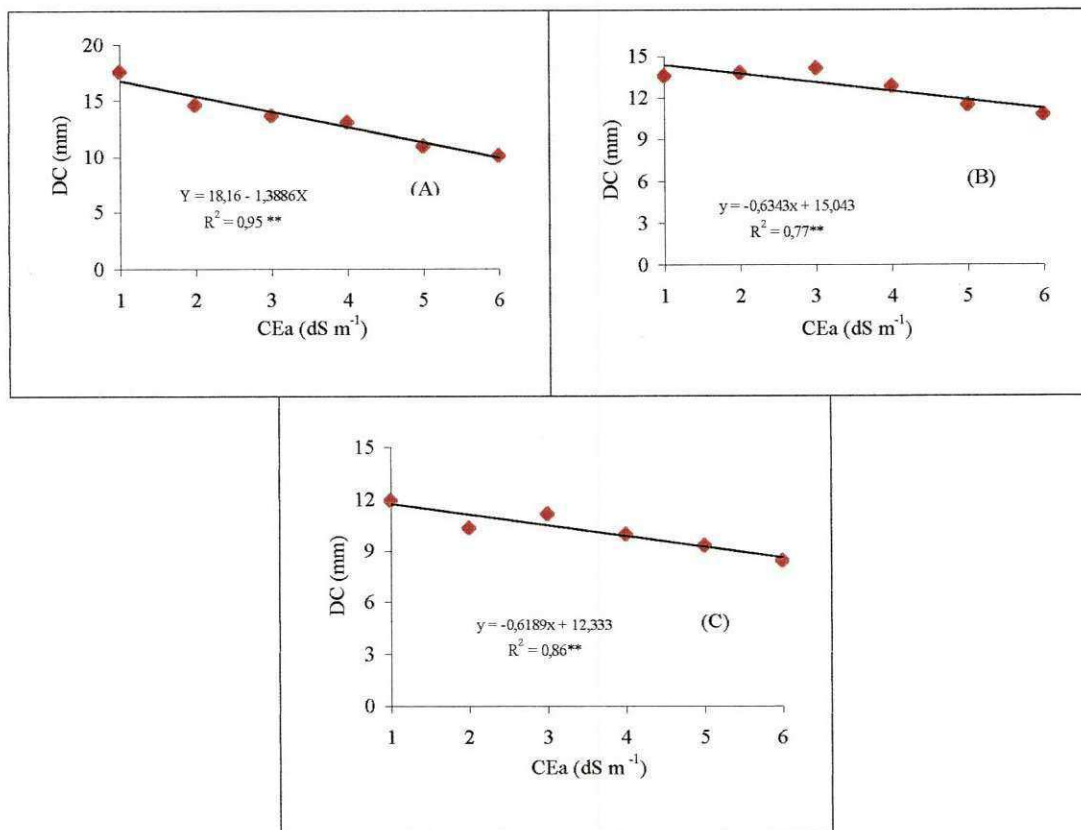


Figura 10. Diâmetro do coleto das espécies craibeira (A), pau-ferro (B) e sabiá (C), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos.

#### 4.2.3. Produção e acumulação de massa seca da parte aérea e das raízes

O estresse salino inibiu significativamente a produção de massa seca das raízes (MSR) e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) da maior parte das espécies (exceto na MSPA das plantas de favela e jurema-preta), particularmente no maior nível de salinidade da água de irrigação - T6 (Tabela 10). As plantas de pau-ferro, jurema-preta e sabiá, exibiram sintomas de senescência precoce e toxicidade iônica (queimaduras nas folhas), 60 dias após a aplicação dos tratamentos. O preciso mecanismo pelo qual o excesso de sais dissolvidos no solo provoca reduções no crescimento das plantas superiores é ainda uma matéria em discussão, mas pode incluir efeito osmótico, efeito direto de toxicidade iônica, ou ambos. Um melhor entendimento destas questões pode facilitar o desenvolvimento de culturas mais tolerantes à salinidade (PASTERNAK & PIETRO,

1985). De acordo com VIÉGAS (1999), isto poderá produzir conhecimentos que levem em curto espaço de tempo a sugestões de técnicas alternativas de manejo de solo e planta.

O crescimento da planta pode ser definido como um irreversível aumento em tamanho e massa, como resultado da divisão e da expansão celular que, em princípio, estão sobre o controle das taxas de absorção de água e, metabolicamente, esses processos mediam a absorção de nutrientes pelas plantas. Assim, entre as considerações relativas às implicações provocadas pela salinidade sobre o crescimento das plantas, as modificações provocadas na cinética de absorção de água nas espécies em estudo (Tabela 6) parecem ser, segundo MELO (1999), um dos principais veículos da nítida desorganização metabólica que se segue ao estresse salino. Essa desorganização de acordo com os dados desta pesquisa foi refletida em todas as variáveis estudadas. Por exemplo, as plantas jovens de craibeira, favela e jurema-preta aos 120 dias de aplicação dos tratamentos com água de condutividade elétrica igual a  $2 \text{ dS m}^{-1}$  reduziram a acumulação de massa seca da parte aérea (Tabela 10) em relação às plantas controle. Nesse mesmo nível de salinidade, essa produção de massa seca nas plantas de pau-ferro e de sabiá, aumentou em relação à produção das plantas controle. Quando se consideram os demais níveis de salinidade da água de irrigação, observa-se que, embora as plantas de jurema-preta tenham demonstrado uma das mais expressiva redução na produção de massa seca da parte aérea no nível de salinidade de  $2 \text{ dS m}^{-1}$ , em relação as plantas controle ( $1 \text{ dS m}^{-1}$ ), apresentou em relação as demais espécies, a maior produção de massa seca ( $42,47 \text{ g}$ ) no maior nível de salinidade ( $6 \text{ dS m}^{-1}$ ), bem como, no menor nível de salinidade ( $69,57 \text{ g}$ ), Tabela 10. Contraditoriamente, as espécies craibeira, favela, pau-ferro e sabiá exibiram as menores produções relativas de massa seca da parte aérea no nível de salinidade de  $6 \text{ dS m}^{-1}$ . Esses resultados revelam que a análise isolada (em maiores ou menores níveis de salinidade da água de irrigação), pode levar a conclusões imprecisas sobre o comportamento de uma determinada espécie em resposta ao estresse salino.

Em estudos de salinidade, um fato que merece atenção especial diz respeito à partição de massa seca entre as diferentes partes da planta. Especificamente, o efeito da salinidade da água de irrigação utilizada neste estudo foi diferenciado entre a parte aérea e as raízes (Tabela 10 e Figuras 11 e 12). Do ponto de vista estatístico, com exceção da favela e jurema-preta (Tabela 10), aos 120 dias de aplicação dos tratamentos, ocorreram diferenças significativas na variável massa seca da parte aérea.

Tabela 10. Resumo de ANOVA e médias para MSPA e MSR da craibeira, favela, jurema-preta, pau-ferro e sabiá cultivadas em condições de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Causa de variância	Epoca de avaliação - MSPA (120 DAT)									
	craibeira		favela		jurema-preta		pau-ferro		sabiá	
	Valores F									
Salinidade (T)	18,70 **		2,78 <sup>ns</sup>		1,43 <sup>ns</sup>		13,70 **		4,22 *	
Reg. Pol. Linear	82,31 **		12,99 **		4,10 <sup>ns</sup>		53,64 **		19,67 **	
Reg. Pol. Quadr.	8,06 *		0,04 <sup>ns</sup>		2,42 <sup>ns</sup>		8,33 *		0,18 <sup>ns</sup>	
Desv. Reg.	1,04 <sup>ns</sup>		0,29 <sup>ns</sup>		0,21 <sup>ns</sup>		2,12 <sup>ns</sup>		0,41 <sup>ns</sup>	
QMRresíduo	17,12		14,62		282,73		70,02		163,27	
CV (%)	25,20		22,51		35,95		19,16		47,27	
	Médias									
Salinidade	RR%		RR%		RR%		RR%		RR%	
T <sub>1</sub>	34,82	100,00	21,79	100,00	69,57	100,00	54,58	100,00	42,27	100,00
T <sub>2</sub>	20,06	157,60	18,90	86,78	47,17	67,80	59,48	108,97	44,24	104,66
T <sub>3</sub>	16,55	47,50	19,46	89,30	41,53	59,70	60,07	110,00	32,44	76,75
T <sub>4</sub>	12,27	35,23	15,18	69,66	42,83	61,56	44,18	80,90	19,24	45,52
T <sub>5</sub>	8,45	24,27	14,70	67,46	37,07	53,28	23,84	43,70	18,20	43,06
T <sub>6</sub>	6,37	18,29	11,86	64,42	42,47	61,05	19,93	36,51	5,79	13,70
	Epoca de avaliação - MSR (120 DAT)									
	craibeira		favela		jurema-preta		pau-ferro		sabiá	
	Valores F									
Salinidade (T)	3,82 *		5,88 **		3,66 *		28,07 **		44,56 **	
Reg. Pol. Linear	18,84 **		28,36 **		16,08 **		111,60 **		166,71 **	
Reg. Pol. Quadr.	0,22 <sup>ns</sup>		0,09 <sup>ns</sup>		0,66 <sup>ns</sup>		21,57 **		48,34 **	
Desv. Reg.	0,02 <sup>ns</sup>		0,31 <sup>ns</sup>		0,51 <sup>ns</sup>		3,57 <sup>ns</sup>		2,59 <sup>ns</sup>	
QMRresíduo	19,04		21,49		37,84		4,93		<b>2,52</b>	
CV (%)	30,54		26,14		39,87		11,10		18,49	
	Médias									
Salinidade	RR%		RR%		RR%		RR%		RR%	
T <sub>1</sub>	21,28	100,00	27,37	100,00	26,87	100,00	25,28	100,00	20,06	100,00
T <sub>2</sub>	18,36	86,27	21,20	77,46	16,90	62,90	24,61	97,35	10,92	54,44
T <sub>3</sub>	15,28	71,80	20,23	73,91	18,17	67,62	23,84	94,30	6,16	30,71
T <sub>4</sub>	12,02	56,48	14,77	53,96	11,86	44,14	23,39	92,52	5,72	28,51
T <sub>5</sub>	10,30	48,40	13,72	50,13	10,80	40,19	13,68	54,11	4,47	22,28
T <sub>6</sub>	8,48	39,84	9,10	33,25	7,96	29,62	9,25	36,59	4,21	20,99

(\*) significativo a 5% e (\*\*) a 1% de probabilidade; (<sup>ns</sup>) não significativo a 5% de probabilidade.

Em termos percentuais, as produções de massa seca da parte aérea das plantas de craibeira e sabiá no maior nível de salinidade da água – T6, em relação a produção das plantas controle – T1, foram mais afetadas em relação a massa seca das raízes. Na craibeira, a redução na massa seca da parte aérea e das raízes foi de 82 e 60%, respectivamente, enquanto que para a sabiá esta redução foi de 86 e 79% respectivamente. Esse comportamento deve-se em grande parte, possivelmente, a maior sensibilidade apresentada pelas folhas aos sais, notadamente em sua expansão celular, o que é consequência de alterações no balanço hormonal e também da expressiva acumulação de íons nas células das folhas (MUNNS & TERMAAT, 1986). Portanto, para essas espécies (craibeira e sabiá), os efeitos da salinidade foram mais pronunciados na parte aérea (Tabela 10 e Figura 11). Decréscimos menos expressivos na produção da MSR paralelamente a maiores decréscimos na produção de massa seca da parte aérea, são particularmente esperados em genótipos mais tolerantes à salinidade (COSTA, 1999). Esse comportamento, genético-fisiológico, de exibir um maior crescimento relativo das raízes (menor relação parte aérea/raiz), tem sido utilizado para identificar materiais mais tolerantes à salinidade (MUNNS & TERMAAT, 1986).

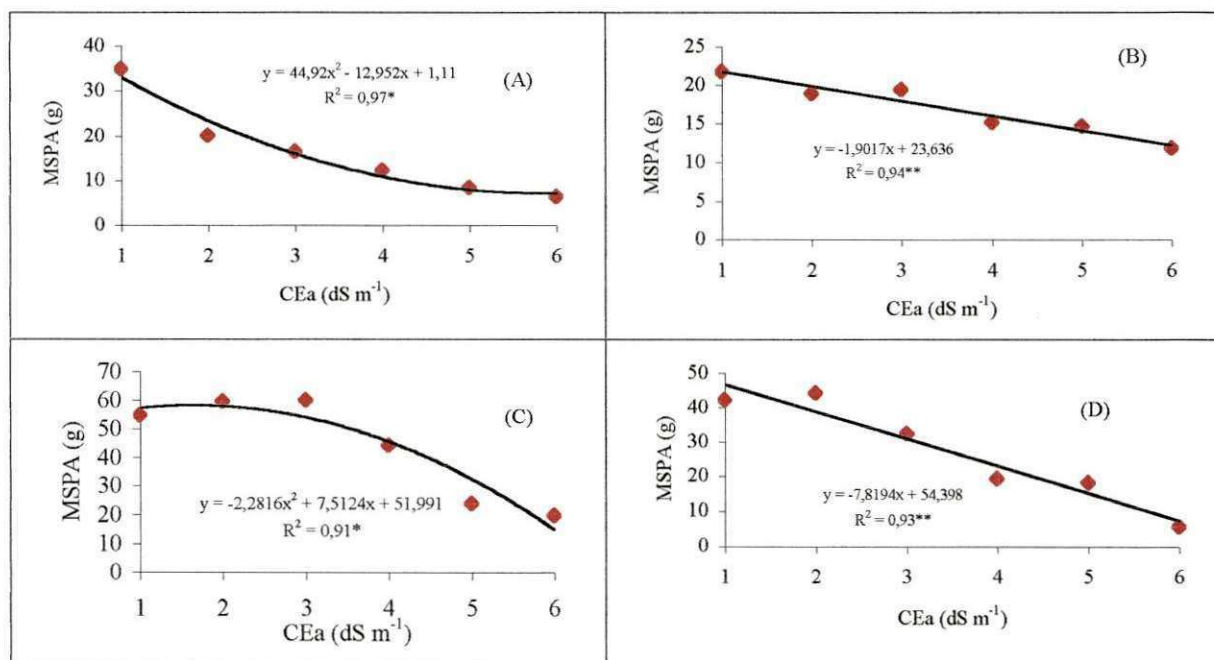


Figura 11. Massa seca da parte aérea, das espécies craibeira (A), favela (B) pau-ferro (C) e sabiá (D), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 DAT.



A exceção das plantas de pau-ferro, onde o efeito relativo dos tratamentos entre o maior e o menor nível de salinidade, foi similar para a massa seca da parte aérea e para a massa seca das raízes (aproximadamente 63,40 % de redução), nas plantas jovens de favela e jurema-preta, a produção de MSR, foi mais afetada do que a produção de massa seca da parte aérea (Tabela 10). Na favela a redução da MSPA foi de 45,40% e na massa seca das raízes foi de 66,80%. Por outro lado, para a espécie jurema-preta essa redução atingiu 39,20 e 70,40%, respectivamente, nas diferentes partes das plantas (para parte aérea e raízes). Portanto, os efeitos da salinidade da água nas plantas jovens de favela e jurema-preta, nas referidas condições experimentais foram mais pronunciados nas raízes.

Assim, uma análise das diferentes respostas obtidas com relação ao efeito da salinidade relacionada à partição de massa seca entre parte aérea e raízes, expõe a complexidade de tais respostas, as quais dependem, entre outros fatores, da espécie, da variedade, do estágio de desenvolvimento da planta, do nível de salinidade, da duração do estresse, e das condições climáticas e experimentais.

Assim como para outras variáveis discutidas anteriormente, a salinidade da água afetou a massa seca da parte aérea, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos, para as espécies craibeira e pau-ferro, ao nível de 5% de probabilidade, apresentando efeito quadrático (Figuras 11-A e 11-C), e para as espécies favela e sabiá, significativo ao nível de 1% de probabilidade, com efeito, linear decrescente (Figuras 11-B e 11-D), e com coeficiente de determinação 0,94 e 0,93 respectivamente. Os decréscimos relativos observados para a craibeira no maior nível de salinidade foi de 78,30% em relação ao controle, enquanto no pau-ferro, foi de 73,91%. Segundo as análises de regressão (Tabela 10) a jurema-preta não sofreu efeito significativo da salinidade da água na massa seca da parte aérea, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos.

Ao final do experimento (120 DAT), as espécies favela e sabiá apresentaram para cada incremento de condutividade elétrica da água ( $1 \text{ dS m}^{-1}$ ), decréscimos de 12,98 e 16,79%, respectivamente. Estimando-se nos níveis mais altos de salinidade (T5 e T6) decréscimos de 14,13 e 12,23%, para a espécie favela e 15,30 e 7,48% para a espécie sabiá, respectivamente. Na Figura 11, estão apresentadas as curvas de regressão da MSPA da craibeira, favela, pau-ferro e sabiá, bem como seus respectivos coeficiente de determinação.

Também ocorreu efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade na massa seca das raízes (120 DAT), em todas as espécies estudadas. De acordo com os

estudos de regressão (Figuras 12-A, 12-B e 12-C) observa-se que nas espécies craibeira, favela e jurema-preta o efeito foi linear e decrescente e no pau-ferro e sabiá o efeito foi quadrático, com coeficiente de determinação de 0,95 e 0,97 (Figuras 12-D e 12-E). Ainda de acordo com o modelo matemático obtido houve decréscimo relativo na MSR (comparado a T1) de 12,53, 12,98 e 14,22%, respectivamente, para a craibeira, favela e jurema-preta (Figuras 12-A, 12-B e 12-C), para cada incremento de condutividade elétrica da água ( $1 \text{ dS m}^{-1}$ ). Conforme está apresentado nas Figuras 12-D e 12-E, a massa seca da raiz das espécies pau-ferro e sabiá foi afetada com o incremento da salinidade, apresentando nos maiores níveis de salinidade (T5 e T6), decréscimos relativos de 36,45 e 65,16%, para o pau-ferro e 80,94 e 73,91% para a sabiá, respectivamente.

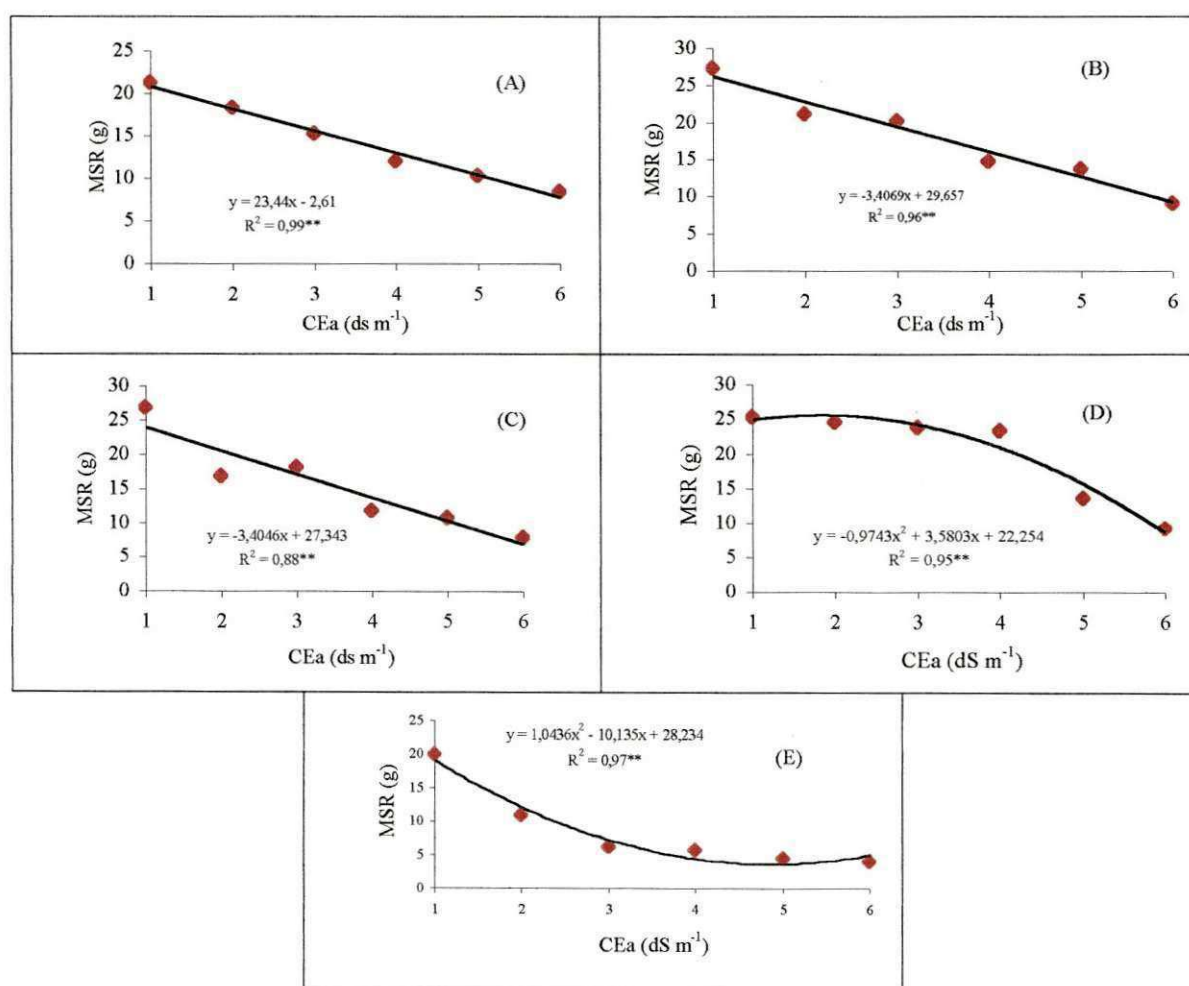


Figura 12. Massa seca da raiz das espécies craibeira (A), favela (B) jurema-preta (C), pau-ferro (D) e sabiá (E), em função da salinidade da água de irrigação, aos 120 dias de aplicação dos tratamentos.

Recomenda-se que em futuras pesquisas, sejam avaliadas a concentração de íons acumulados nas folhas, visto que, nas plantas de sabiá e pau-ferro, ocorreu senescência foliar após 60 dias de aplicação dos tratamentos. Assim, teria-se informações seguras, quanto a presença de queda de folhas nessas espécies durante a fase inicial de crescimento, é devido aos efeitos da salinidade.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que a salinidade provocou modificações no padrão de crescimento das cinco espécies florestais estudadas, bem como nas propriedades químicas do solo.

Com o aumento da salinidade houve acumulação gradual de cátions e de ânions no solo, observando-se, para cada incremento unitário de condutividade elétrica da água, um aumento de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  na condutividade elétrica do extrato de saturação.

A salinidade afetou de forma diferenciada cada variável estudada (altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes).

A taxa de crescimento relativo em altura, para todas as espécies estudadas, foi severamente afetada pela salinidade, ao longo do período experimental, com o aumento da salinidade.

Em resposta aos diferentes níveis de salinidade da água, a acumulação de massa seca, para as espécies florestais utilizadas neste estudo, foi mais expressiva nas raízes do que na parte aérea (tendência observada), sendo a altura das plantas significativamente reduzida com o aumento da salinidade.

Nas plantas de craibeira e de sabiá a produção de massa seca da parte aérea foi mais afetada que a produção de massa seca das raízes. No maior nível de salinidade, houve uma redução na produção de massa seca da parte aérea e das raízes, respectivamente, de 82 e 60% para a espécie craibeira, e de 86 e 79% para a espécie sabiá.

Ao final do experimento, as espécies favela e sabiá apresentaram, para cada incremento de condutividade elétrica da água ( $1 \text{ dS m}^{-1}$ ), decréscimo de 12,98 e 16,79%, respectivamente, na massa seca da parte aérea. Na craibeira, a massa seca produzida pela parte aérea foi reduzida em 78,30%, no maior nível de salinidade. No pau-ferro esta redução foi de 73,91%. A espécie jurema-preta não sofreu efeito significativo dos tratamentos.

A massa seca das raízes das plantas de craibeira, favela e jurema-preta apresentaram decréscimo relativo de 12,53, 12,98 e 14,22%, respectivamente, para cada incremento de  $1 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica da água. Para as espécies pau-ferro e sabiá observaram-se reduções de 65,16%, e 73,91%, respectivamente, no maior nível de salinidade da água.

Considerando como critério de avaliação de tolerância à salinidade a produção de massa seca, conclui-se que a jurema-preta e a favela foram às espécies que apresentaram melhor comportamento às condições adversas de cultivo estabelecidas nesta pesquisa. As plantas de sabiá, craibeira e pau-ferro, apresentaram maior sensibilidade à salinidade, sendo a sabiá a espécie mais sensível.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. A. C.; PEDROSA, J. P.; SILVA, A. Q. Efeito da Salinidade sobre a Germinação e Vigor de Sementes de leucena (*Leucaena leucocephala*, LAM.). **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v.18. 1997.

ASPINALL, D.; PALEG, L.G. Proline accumulation: Physiological aspects. In: LEG, L. G.; ASPINALL D., **The physiology and biochemistry of drought resistance in plants**. New York: Academic Press, 1981. p. 206-240.

AYERS, R. S.; WESTCOT D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1991. 218p. 1991. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisão 1).

AZAIZEH, H.; GUNSE, B; STEUDLE, E. Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on water transport across root cell of maize (*Zea mays* L.) seedlings. **Plant Physiology**. v.99, 1992. p.886-894.

BEWLEY, D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2 ed. New York: 1985. 367p.

BLACK, C. A. Salinidad y exceso de sódio In: Black, C. A. **Relaciones suelo-planta**. 2. ed. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1975. v. 1.

BOHNERT, H. J.; JENSEN R. G. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 23, 1996. p. 661-667.

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

BOTTACIN, A.; CACCO, G. & SACCOMANI, M. Nitrogen absorption and assimilation in NaCl-resistant and NaCl-susceptible millet genotypes (*Pennisetum americanum*). **Can. J. Bot**, v. 63, 1985. p.1109-1111.

BOYER, J. S. Effects of osmotic water stress on metabolic rates of cotton plants with open stomates. **Plant Physiology**, v. 40, 1965. p. 229 -234.

BRADY, N.; BUCKMAN, H. O. **Natureza e propriedades dos solos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. 647p.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste: Especialmente do Ceará**. Natal: Fundação Guimarães Duque, 1976. 509p.. (Coleção Mossoroense,42).

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Scienc**, 1997. v. 2, p.48-54,

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**, v. 95, 1991. p. 628-635.

CANO, E. A.; BOLARIN, M.C.; PEREZ-ALFOCEA, F.; CARO, M. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. **J. Hort. Sci.**, v. 66, 1991. p. 621-628.

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

CHOINSKI JUNIOR, J. S.; TUOHY, J. M. Effect of water potential and temperature on the germination of four species of African savanna trees. *Annals of Botany*, v. 68, 1992. p. 227-233.

COSTA, R. G. **Caracterização da qualidade de água de irrigação na microrregião homogênea de Catolé do Rocha (MRH-09)**. Campina Grande: UFPB, 1982. 89f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências e Tecnologia. Campus II, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 368p.

COSTA, R. C. L. **Assimilação de nitrogênio e ajustamento osmótico em plantas noduladas de feijão-de-corda submetidas ao estresse hídrico**. Fortaleza: UFCE, 1999. 255f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará.

COSTA SILVA, M. C.; SANTOS, R. V.; BASTOS, P. M. Efeito do ácido sulfúrico no pH de um solo salino sódico. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 5. *Anais...* João Pessoa, Campina Grande: 1997a. p. 130.

COSTA SILVA, M. C.; SANTOS, R. V. BASTOS, P. M. Efeito do ácido sulfúrico no pH de um solo salino sódico. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 5., 1997, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa, 1997. p. 130.

CRAMER G.R.; NOVAK, R. S. Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed barley. v. 84, . 1992. p. 600-605.

DONNEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture In: POLJAKOFF-MAYBER, A.; GANE J. (ed.). **Plants in saline environments**. Berlin: Springer – Verlag, 1975. p. 56 – 76, (Ecological Studies, 15).



DUQUE, G. **O Nordeste e as Lavouras Xerófilas**. Brasília: Fundação Guimarães Duque, 1980. 316p. (Coleção Mossoroense, 143).

DURAND, M.; LACAN, D. Sodium partitioning within the root of soybean. *Physiology Plantarum*. v. 91, 1994. p. 65-71.

EMBRAPA- CNPS. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro:

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1997 212p.

FAO/ UNESCO. **Irrigation drainage and salinity**. Paris: Hutchinson. 1973. 510 p.

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-SBEA, 1997. 383p.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 2. Ed. São Paulo: EPU/EDUSP. 1985. v. 1.

FRENKEL, H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHANINBERG, I., SHALHEVET, J (ed.). **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 143-172,

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de; BATISTA, M. A. F. **Prevenção Manejo e Recuperação de Solos Salinos e Sódicos**. Mossoró: Escola Superior de Mossoró-RN, 1991. 70 p.

GIRMA, F. S.; KRIEG, D. R. Osmotic adjustment in sorghum. I. Mechanisms of diurnal osmotic potential changes. *Plant Physiology*. v. 99, 1992. p. 577-582.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1978. 430p.

GOMES, R. P. **Forragens Fartas nas Secas**. São Paulo: Nobel, 1982. 136p.

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

GUPTA, R. K.; ELSHOUT, VAN DEM SEF; ABROL, I. P. Effect of pH on Zn adsorption precipitation reactions in an alkali soil. **Soil Science**. Baltimore. v. 143, 1987. p. 198-204.

HOORN, J. W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. In: **Salinity Seminary**. BAGHDAD. Rome: FAO. (FAO. Irrigation and Drainage Paper. 7). 1971.

INGRAM, J.; BARTELS, D. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. **Annual Review Plant Physiology and Molecular Biology**. v. 47, p. 377- 403. 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 498p. 1958.

KAMPHORST, A.; BOLT, G. H. Saline and sodic soils. In: BOLT, G. H. BRUGGENT, M. G. M.. eds. **Soils chemistry**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing. v.1, 1976.p. 95-107.

KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V. A.; VAN DEN BERG, C; HAGAN, R. M. (eds.). **International Source Book on Irrigation, Drainage and Salinity**. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, 1973. p.177-205.

KUZNETSOV, V.V.; SHEVYAKOVA, N.I. Stress responses of tobacco cells to high temperature and salinity. Proline accumulation and phosphorylation of polypeptides. **Physilology Plantarum**. v. 100, 1997. p.320-326.

LACERDA, C. F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguilata* (L) WALP) e utilização do  $Ca^{2+}$  como meio para minorar tais efeitos**. Fortaleza: 1995. 87f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará.

LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade da água de açudes do Nordeste semi-árido brasileiro**. Recife: SUDENE, Recife: 1989. 95p. (Série Hidrológica, 26. (Convênio SUDENE/ORSTOM).

LA ROSA, P. C.; RHODES, D.; RHODES, J. C.; BRESSAN, R. A.; CSONKA, L. N. Elevated accumulation of proline in NaCl - adapted tobacco cells is not due to altered  $\Delta^1$  - pyrroline - 5 - carboxylate reductase. **Plant Physiology**. v.96, 1991. p. 245-250.

LAUCHLI, A.; WINEKE, J. Studies on growth and distributions of  $Na^+$ ,  $K^+$  e  $Cl^-$  in soybean differing in salt tolerance. **Z. Pflanzenemaehr**, v. 142, 1991. p. 3 -13.

LIMA, D. ANDRADE. **Plantas da Caatinga**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências , 275 p. 1989.

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R; QUEIROZ J. E;

MEDEIROS, J. F. (ed.), **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. 383p.

LIU, J.; ZHU, J. K. Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt hypersensitive mutant of arabidopsis. **Plant Physiology**. v.114, 1997. p. 591-596.

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

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants Applied Agricultural Research, v. 1, p. 12-36, 1986.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Eusent Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division.** ASCE, v. 3, 1977. p. 115-134

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das Angiospermas. Leguminosas.** Santa Maria. Ed. Univ./ UFSM, 1997. 200p.

MARINHO, F. J. L. **Avaliação do crescimento e desenvolvimento de mudas de abacaxizeiro (*Ananas comosus*. L) CV. Smooth cayene , em diferentes salinidades da água de irrigação.** Campina Grande: UFPB, 1996. 68f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba.

MATHERS, A. C. Effect of ferrous sulfate and sulfuric acid on grain sorghum yields. **Agronomy Journal.** Madison. v. 62, n.5, 1970.

Mc GEORGE W. T. **The salinity problems-safford experiment from laboratory studies.** University of Arizona-EUA: Technical bull, 1952.

MEDEIROS, J. F; GHEYI, H. R. **Qualidade de água de irrigação.** Mossoró: ENA/ESAM, 1994. 60p. (ESAM, Boletim técnico - científico, 22).

MELO, A. R. B. **Utilização de nitrato e ajustamento osmótico em plantas de feijão-de-corda [(*Vigna unguilata* L. (walp)] submetidas a diferentes níveis de estresse salino).** Fortaleza: 1999. 255f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará.

MUNNS, R. Effect of high external NaCl concentrations on ion transport within the shoot of *Lupinus albus*. I. Ions in xylem sap. **Plant Cell Environ.** v. 11, p. 283-289. 1988.

MUNNS, R. Physiological process limiting plant growth in saline soils: some dogms and hypotheses. **Plant Cell Environment.** v.16, 1993.

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

NABIL, M.; COUDERT, A. Effects of sodium chloride on growth, tissue elasticity and solute adjustment in two *Acacia nilotica* subspecies. **Plant Physiology.** v. 93, 1995. p. 217-224.

NAKATA, H.; COELHO, M. A. **Geografia Geral: Geografia Física, Geografia Humana e Geografia Econômica.** São Paul., Ed. Moderna, 1978. 257p.

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M.; PARDO, J. M. Ion Homeostasis in NaCl Stress Environments. **Plant Physiology.** v. 109, 1995. p. 735-742..

OLIVEIRA, M. Gênese e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R;

QUEIROZ J. E; MEDEIROS, J. F. (ed.), **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada.** Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. 383p.

PASTERNAK, D.; PIETRO, S. Biosalinity in action: bioproduction with saline soil water. **Plant Soil.** v. 89, 1985. p. 403-413

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

PIO CORREA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, . 1984a. v.2,

PIO CORREA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1984b. v.3, 756p.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos.** 2. ed. Madrid: Editorial Agrícola Española, 1985. 542p.

RABE, E. Altered Nitrogen Metabolism Under Environmental Stress Conditions. In: Handbook of Plant and Crop Stress. New York: Ed. Mohammad Passarakli. Marcel Decker.. 1993. p. 230-265.

RHOADES, J. P. Quality of water for irrigation. *Soil Science*, n.113, 1972. p. 277-284.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline of alkaline soils. Washington. United States Salinity Laboratory. 1954. (Agriculture Handbook, 60). 160p

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira.** São Paulo: Edgard Blücher, 1978. 304p.

RODRÍGUEZ, H. G.; ROBERTS, J. K. M.; JORDAN, W. R. AND DREY, M. C. Growth, water relations, and accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. **Plant Physiology**. v.113, 1997. p. 881-893.

SALISBURY, F. B.; ROSSI, C. W. *Plant Physiology*. 4 ed. Califórnia: Wadsworth Publishing 1992. p. 735-784..

SANTOS R. V.; HERNANDEZ F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R; QUEIROZ J. E; MEDEIROS, J. F. (ed.), **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. 383p.

SANTOS, R. V.; MURAOKA, T. Interações salinidade e fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R; QUEIROZ J. E; MEDEIROS, J. F. (ed.), **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. 383p.

SANTOS. R.V.; TERTULIANO, S. S. X. Crescimento de espécies arbóreas em solo salino-sódico tratado com ácido sulfúrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grand., v. 2, n. 2, . 1998.p.239-242.

SHUKLA, A. K.; MISRA, P. N. Improvement of sodic soil under tree cover. **The Indian Forester**. New Delhi: v.119, n.1, 1993. p. 43-52.

SILVA, M. B. R.; SOUZA, M. W.; MELO, E. C. S.; PONTES, J. A.; SARAIVA, F. A. M.; CORREIA, A. M. Transpiração de três espécies nativas do semi-árido em condições de campo. **Atmosfera & Água**. n. 5, Maceió-AL.. 2000. 52 p.

SOLOMON, A.; BEER, S.; WAISEL, G.; JONES, P.; PALEG, L. G. Effects of NaCl on the carboxyl ting activity of Rubisco from *Tamarix jordanis* in the presence and

absence of proline-related compatible solutes. **Physiology Plantarum**. v. 90, 1994. p. 198-204.

SOUZA, Z. S.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S. Efeito do ácido sulfúrico no crescimento de 3 leguminosas cultivadas em solo salino-sódico In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 5. João Pessoa: 1997. p.131.

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

STEWART, G. R. Proline accumulation: Biochemical aspects. In: PALEG L. G. ; ASPINALL, D. **The Physiology and Biochemistry of drought Resistance in Plants**. Sydney: Academic Press . 1981. p. 243-258.

SUDENE, Levantamento exploratório - Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro - RJ: Boletim Técnico. n.15, 683p. 1972. (Boletim Técnico. n.15)

SZABOLCS, I. Salt-affected soils. Florida: Library of Congresso. 274p. 1989.

TAILEISNIK, E.; GRUNBERG, K. Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. **Physiology Plantarum**. v. 92, p1994. p 528-534.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/Cumming Publishing Company. California. 1991.559p.

TIGRE, C.B. **Estudo de Silvicultura Especializada do Nordeste**. Fortaleza: 1977. 179p..



UNGAR, I. A. Germination ecology of halophytes In: **TASKS for vegetation science**. Junk Publishers. v.2, 1982. p.143-154.

VIÉGAS, R. A. **Assimilação de Nitrogênio e acumulação de solutos em plantas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em reposta ao estresse salino**. Fortaleza: UFCE, 1999. 85f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará.

VIÉGAS, R. A.; MELO, A. R. B.; SILVEIRA, J. A. G. Nitrate reductase activity and proline accumulation in cashew (*Anacardium occidentale* L.) in response to salt (NaCl) shock . **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 11, n.1, 1999.

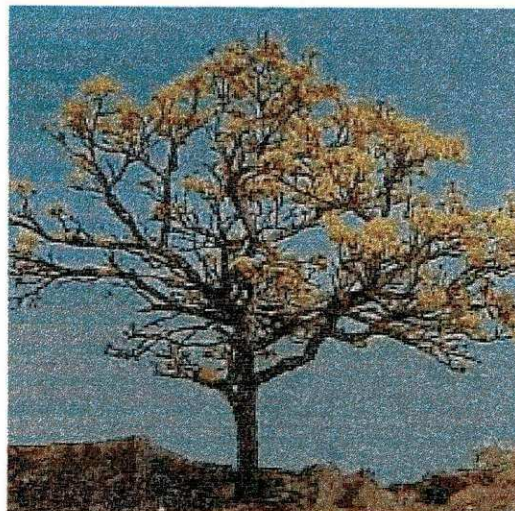
WINICOV, I. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. **Annals of Botany**. v. 82, 1998. p. 703-710.

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. eds.). **Arid zone irrigations**. Berlin: Springer-Verlag, 1973. (Ecological Studies, 5). p. 71-85.

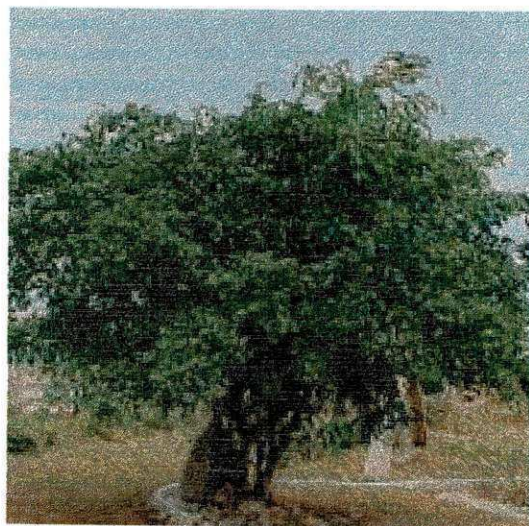
YEO, A. R.; LEE, K. S.; IZARD, P.; BOURSIER, P. J.; FLOWERA, T. J. Short- and long-term effects of salinity on leaf growth in rice (*Oryza sativa* L.). **J. Exp. Bot.**, v. 42. 1991. p. 881-889.

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

## 7. APÊNDICES



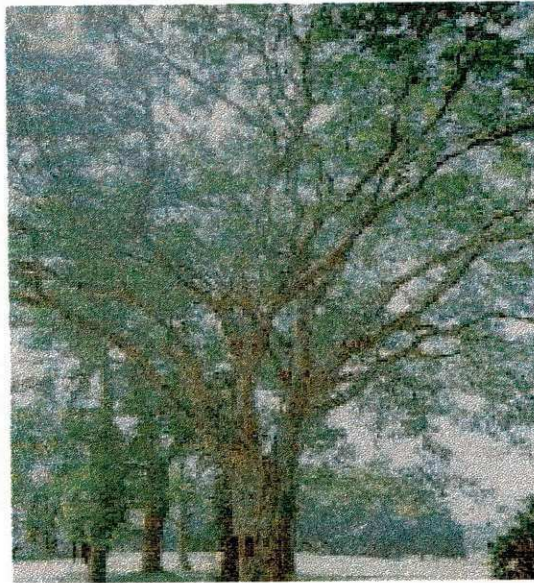
Apêndice 1. Foto da espécie florestal craibeira (*Tabebuia caraiba* Mart. Bureau)



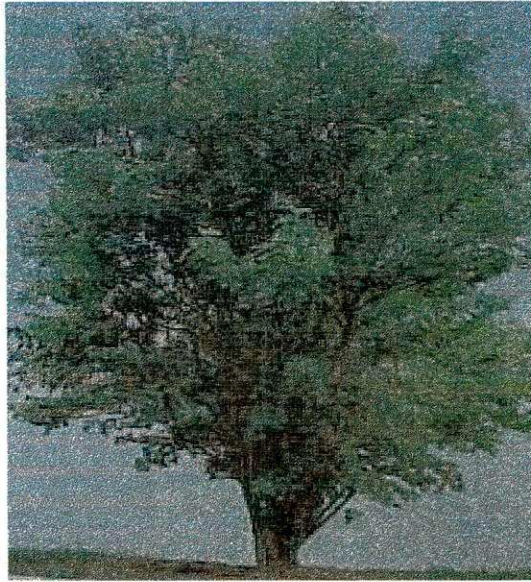
Apêndice 2. Foto da espécie florestal favela (*Cnidosculus phyllacanthus* Pax. K. Hoffm)



Apêndice 3. Foto da espécie florestal jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth)



Apêndice 4. Foto da espécie florestal pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Benth.- Ducke)



Apêndice 5. Foto da espécie florestal sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)