



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

## Dissertação de Mestrado

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE  
ALGODOEIRO, EM UM SOLO SALINO-SÓDICO

ALEKSANDRA GOMES JÁCOME

Campina Grande  
Paraíba

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE  
ALGODOEIRO, EM SOLO SALINO-SÓDICO**

**ALEKSANDRA GOMES JÁCOME**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO  
EM SOLO SALINO-SÓDICO**

---

Dissertação apresentada ao  
Curso de Pós-Graduação em  
Irrigação e Drenagem do  
Centro de Ciências e  
Tecnologia da Universidade  
Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências  
para a obtenção do título de  
Mestre.

---

**PEDRO DANTAS FERNANDES**  
Orientador

**HANS RAJ GHEYI**  
Co-Orientador



## FICHA CATALOGRÁFICA

J12c

**JÁCOME, Aleksandra Gomes**

Crescimento e produção de genótipos de algodoeiro em solo salino-sódico/Aleksandra Gomes Jácome-Campina Grande: UFPB/CCT, 1999.

p.127.

Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - UFPB/CCT .

1. ALGODOEIRO
2. RESISTÊNCIA
3. GENÓTIPOS
4. ESTRESSE
5. SALINO
6. SÓDICO

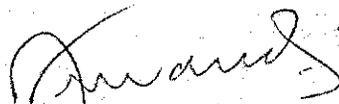
CDU: 582.796

**ALEKSANDRA GOMES JÁCOME**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO  
EM SOLO SALINO-SÓDICO**

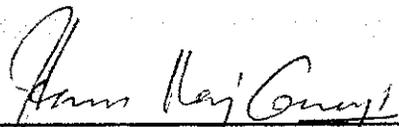
Aprovada em 22 / 12 / 1999

**BANCA EXAMINADORA**



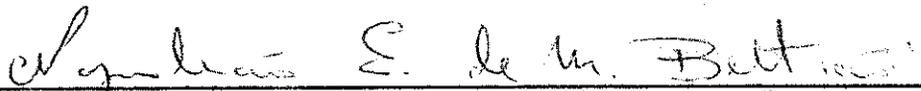
---

**Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES - Orientador  
DEAg/CCT/UFPB**



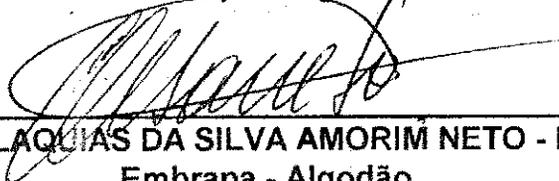
---

**Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI - Co-Orientador  
DEAg/CCT/UFPB**



---

**Pesq. Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO - Examinador  
Embrapa - Algodão**



---

**Pesq. Dr. MALAQUIAS DA SILVA AMORIM NETO - Examinador  
Embrapa - Algodão**

## **HOMENAGEM ESPECIAL**

A minha querida bisavó **AMÉLIA** (Marieta); minha tia **CLEIDE, KALINE** e **RICARDO**, pela grande ajuda, compreensão, incentivo, apoio e carinho. Sem estes não teria terminado esta etapa.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a **DEUS**, por ser essência da minha vida, meu guia, meu motivo de vida e esperança de um mundo melhor;

A minha bisavó **AMÉLIA** por ser minha "mãe", amiga e companheira de todos os momentos da minha vida;

A minha vó **IVONISE**, a quem me espelho;

A minha mãe, **MARIA DE FÁTIMA** e meus irmãos **FABIANA**, **ROSEANE**, **POLLYANNA** e principalmente a **EUFRÁSIO** pela grande ajuda prestada durante a fase prática do trabalho;

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização deste curso.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através da **Embrapa-Algodão**, na pessoa do Dr. **JOSÉ GOMES DE SOUSA**, ao estatístico **JOSÉ WELLINGTON DOS SANTOS** e ao Dr. **JOSÉ JANDUÍ SOARES** pelas informações concedidas e fornecimento de materiais utilizados.

Ao Dr. **NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÉDO BELTRÃO** e Dr. **MALAQUIAS DA SILVA AMORIM NETO** pelas valiosas sugestões.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), pelo suporte financeiro durante o curso.

A secretária da coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola Sra. **RIVANILDA** pela força, pelo amor dedicado a todos que a procuram, pela ajuda, dedicação e incentivos.

Ao professor Dr. **PEDRO DANTAS FERNADES** pela valiosa participação, e acima de tudo pelas críticas, sugestões, orientação e dedicação em todas as fases da elaboração e execução deste trabalho.

Ao professor Dr. **HANS RAJ GHEYI** pelas sugestões e orientação apresentadas para melhoria deste trabalho.

Ao professor Dr. **ADAILSON** pelas realizações das análises estatísticas e esclarecimentos.

As **BIBLIOTECÁRIAS** da Embrapa-Algodão pelas referências bibliográficas e trabalhos fornecidos.

Aos **PROFESSORES** do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal da Paraíba.

Aos **FUNCIONÁRIOS** do Laboratório de Irrigação e Salinidade.

Aos colegas do curso, pelos momentos compartilhados durante todo o período, principalmente a **MARIA SALYDELÂNDIA, EUGÊNIO, PAULO, ALBANISE, GUSTAVO, BETÂNIA, ANDREIA** e **JOÃO JÁCOME** pela ajuda, carinho e compreensão nos momentos difíceis.

Aos estagiários **JOSÉ CLEIDEMÁRIO, RIDELSON** e **LUCIENE**, pela ajuda, amizade e paciência e aos auxiliares **ANTÔNIO** e **MARCONDES**.

Aos meus queridos amigos **ANTÔNIA, ROSA, NEUMA, LUCIANO PARCELLI, BRUNO, MARIA DO SOCORRO AMORRIN, GABRIELA, KALINE, IDALICE, MÁRCIO, ROBERTA (BEL)** e **ALDIVAN** pela convivência solidária e construtiva, pelo apoio espiritual em momentos de dificuldades, amizade sincera, lealdade e incentivos que formaram o alicerce de amizade.

A **PETRUS, PAULINA, EDNA** e ao professor **ADEMAR** pela grande ajuda

A **RICARDO MACÁRIO** pelo companheirismo, dedicação, paciência e sugestões.

A **MARIA DE LOURDES** pela amizade, apoio, conselhos, críticas e quem mais me incentivou no decorrer deste curso e a quem serei eternamente grata.

A **MARIA DE FÁTIMA JÁCOME** e **JOÃO GOMES NETO**, pela grande ajuda nas correções ortográficas e gramaticais do trabalho.

A **VERUSCHKA, ALUÍZIO JÁCOME** e **MINERVINA** pela colaboração e ajuda em prol da conclusão do trabalho.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMARIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. ORIGEM E NATUREZA DOS SOLOS SALINOS.....	4
2.2. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	9
2.3. EFEITO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA PLANTA.....	13
2.3.1. Efeitos tóxicos.....	18
2.3.2. Efeitos nutricionais.....	20
2.3.3. Efeitos osmóticos.....	22
2.4. TOLERÂNCIA À SALINIDADE.....	25
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	29
3.2. CLIMA.....	29
3.3. SOLO UTILIZADO NO ENSAIO.....	30
3.4. UNIDADE EXPERIMENTAL.....	30
3.5. GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO.....	30
3.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	34
3.7. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	35
3.8. MANEJO DAS IRRIGAÇÕES.....	36
3.9. TRATOS CULTURAIS.....	37
3.10. VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	37
3.10.1. Variáveis de crescimento .....	37
3.10.2. Variáveis de produção .....	38
3.10.3. Análise do solo e da água .....	39
3.10.4. Ciclo fenológico .....	39
3.11. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>40</b>
4.1. ESTUDO DO SOLO E DA ÁGUA.....	40
4.1.1. Características químicas do solo.....	40
4.2. CICLO FENOLÓGICO.....	43

<b>4.3. CARACTERÍSTICA DE CRESCIMENTO.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.1. Altura de plantas.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2. Fitomassa caulinar.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3.3. Número de ramos.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3.4. Fitomassa dos ramos.....</b>	<b>56</b>
<b>4.3.5. Número de folhas.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3.6. Fitomassa foliar.....</b>	<b>62</b>
<b>4.3.7. Área foliar.....</b>	<b>65</b>
<b>4.3.8. Fitomassa radicular.....</b>	<b>69</b>
<b>4.4. CARACTERÍSTICAS QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE PRODUÇÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.1. Número de capulhos.....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.2. Fitomassa dos capulhos.....</b>	<b>76</b>
<b>4.4.3. Peso médio de algodão em caroço.....</b>	<b>79</b>
<b>4.4.4. Peso da matéria seca de 100 sementes.....</b>	<b>83</b>
<b>4.4.5. Percentagem de fibra.....</b>	<b>83</b>
<b>4.4.6. Peso de plumas.....</b>	<b>86</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>92</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>94</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Número médio de dias transcorrido entre o plantio e colheita das plantas dos diversos genótipos, segundo os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.....	44
<b>FIGURA 2.</b> Efeito dos níveis de salinidade na altura de planta dos genótipos estudados..	49
<b>FIGURA 3.</b> Fitomassa caulinar (g/planta) dos vários genótipos em função dos tratamentos de salinidade.....	52
<b>FIGURA 4.</b> Número de ramos produzidos por planta dos diferentes genótipos em estudo, relacionado aos níveis de salinidade.....	55
<b>FIGURA 5.</b> Efeito dos níveis de salinidade ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) sobre a fitomassa de ramos (g/planta) dos diferentes genótipos.....	58
<b>FIGURA 6.</b> Efeito dos níveis crescentes de salinidade sobre o número de folhas por planta dos diferentes genótipos.....	61
<b>FIGURA 7.</b> Efeito dos níveis crescentes de salinidade sobre a fitomassa foliar (g/planta) dos diversos genótipos.....	64
<b>FIGURA 8.</b> Área foliar ( $\text{cm}^2$ ) dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade.....	68
<b>FIGURA 9.</b> Fitomassa radicular (g/planta) produzida pelos genótipos em estudo, segundo os níveis de salinidade.....	71
<b>FIGURA 10.</b> Número de capulho por planta dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade.....	75
<b>FIGURA 11.</b> Fitomassa de capulho (g/planta) dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade.....	78
<b>FIGURA 12.</b> Efeito dos diferentes níveis de salinidade no peso médio de algodão em caroço (g) dos diferentes genótipos.....	81
<b>FIGURA 13.</b> Peso médio de 100 sementes (g) dos genótipos em estudo, relacionado aos diferentes níveis de salinidade.....	85
<b>FIGURA 14.</b> Percentagem de fibra dos vários genótipos em função dos diferentes níveis de salinidade.....	88
<b>FIGURA 15.</b> Peso de pluma (g) dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade....	91

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.....	31
<b>TABELA 2.</b> Resultados do pH, da CE do extrato de saturação do solo e da água percolada e volume de água utilizado nas irrigações, por tratamento.....	41
<b>TABELA 3.</b> Resumo da análise de variância das variáveis relacionadas ao crescimento de cultivares e linhagem do algodoeiro avaliado no final do experimento, segundo as fontes de variação.....	46
<b>TABELA 4.</b> Altura média de plantas (cm) no final do experimento dos genótipos em função dos níveis sais.....	48
<b>TABELA 5.</b> Redução relativa (%)* da variável altura do caule de cultivares e linhagem do algodoeiro, comparando-se os tratamentos com o nível de 2 dS/m de salinidade.....	48
<b>TABELA 6.</b> Fitomassa caulinar (g/planta), no final do experimento de cultivares e linhagem do algodoeiro submetidos ao estresse salino.....	51
<b>TABELA 7.</b> Redução relativa (%)* da variável fitomassa caulinar de cultivares e linhagem de algodoeiro, comparando-se os tratamentos com o nível de 2 dS/m de salinidade.....	51
<b>TABELA 8.</b> Valores médios do número de ramos por planta dos seis genótipos de algodoeiro em função dos cinco níveis de sais.....	54
<b>TABELA 9.</b> Redução relativa (%)* do número de ramos dos genótipos de algodoeiro em função dos níveis de salinidade.....	54
<b>TABELA 10.</b> Fitomassa de ramos/planta (g) em função dos genótipos e níveis de sais avaliados no final do experimento.....	57
<b>TABELA 11.</b> Redução relativa (%)* da variável fitomassa dos ramos/planta de genótipos de algodoeiro, em função de níveis de salinidade.....	57
<b>TABELA 12.</b> Média do número de folhas/planta dos genótipos em função de níveis de sais avaliados na maturação do algodoeiro.....	60
<b>TABELA 13.</b> Redução relativa (%)* do número de folhas/planta dos genótipos, em função de níveis salinidade.....	60
<b>TABELA 14.</b> Fitomassa foliar/planta (g) em função dos genótipos e níveis de sais.....	63

<b>TABELA 15.</b> Redução relativa (%)* da variável fitomassa foliar/planta (g) dos genótipos de algodoeiro, em função de níveis salinidade.....	63
<b>TABELA 16.</b> Média da área foliar (cm <sup>2</sup> ) final dos genótipos em função dos níveis de sais.....	66
<b>TABELA 17.</b> Redução relativa (%)* da variável área foliar/planta dos genótipos de algodoeiro, em função do nível de salinidade de 2 dS/m.....	66
<b>TABELA 18.</b> Fitomassa radicular avaliada no final do experimento, em função dos genótipos e níveis de sais.....	70
<b>TABELA 19.</b> Redução relativa (%)* da fitomassa radicular dos genótipos de algodoeiro, em função do nível de salinidade de 2 dS/m.....	70
<b>TABELA 20.</b> Resumo da análise de variância das variáveis relacionadas as características qualitativa e quantitativa de produção dos genótipos de algodoeiro analisados no final do experimento, segundo as fontes de variação.....	73
<b>TABELA 21.</b> Número de capulho/planta no final do experimento, em função dos genótipos e níveis de sais.....	74
<b>TABELA 22.</b> Redução relativa (%)* da variável número de capulho/planta, dos genótipos de algodoeiro, em função dos níveis de salinidade de 2 dS/m.....	74
<b>TABELA 23.</b> Fitomassa de capulhos (g) avaliada no final do experimento, em função de genótipos e níveis de sais.....	77
<b>TABELA 24.</b> Redução relativa (%)* da variável fitomassa de capulho/planta (g) dos genótipos de algodoeiro, em função dos níveis de salinidade de 2 dS/m.....	77
<b>TABELA 25.</b> Peso (g) de algodão em caroço, média por planta; função dos genótipos e níveis de sais.....	80
<b>TABELA 26.</b> Redução relativa (%)* do peso do algodão em caroço/planta dos genótipos do algodoeiro, em função dos níveis de salinidade de 2 dS/m.....	80
<b>TABELA 27.</b> Peso médio de 100 sementes por planta (g), em função dos fatores estudados.	84
<b>TABELA 28.</b> Redução relativa (%)* da variável peso de 100 sementes/planta, de cultivares e linhagem de algodoeiro, em função do nível de salinidade de 2 dS/m.....	84
<b>TABELA 29.</b> Percentagem média de fibra/planta no final do experimento, em função de genótipos e níveis de sais.....	87
<b>TABELA 30.</b> Redução relativa (%)* da variável percentagem de fibra/planta de cultivares e linhagem de algodoeiro, em função do níveis de salinidade de 2 dS/m.....	87

**TABELA 31.** Peso de plumas/planta (g) no final do experimento, em função dos genótipos e níveis de sais..... 90

**TABELA 32.** Redução relativa (%)\* da variável peso de plumas/planta de cultivares e linhagem de algodoeiro, em função do nível de salinidade de 2 dS/m..... 90

JÁCOME, A. G. **Crescimento e Produção de Genótipos de Algodoeiro em Solo Salino-Sódico**. Campina Grande - PB: UFPB/CCT, 1999. 110p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba.

## RESUMO

Foram estudados o crescimento e produção de seis genótipos de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), cultivados em casa de vegetação, do DEAg/CCT/UFPB, Campina Grande-PB, utilizando-se o material de um solo de textura franco-arenosa, originalmente classificado como salino-sódico. O experimento foi instalado no período de maio a novembro de 1998. Adotou-se o esquema fatorial 6 x 5, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Utilizado-se os genótipos: CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA 7H, EMBRAPA 113-Algodão.7MH, EMBRAPA 112-Algodão.6M e CNPA Acala 93/15; e níveis de salinidade da água de irrigação: 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 ds/m à 25 °C, respectivamente. Foram analisadas as seguintes variáveis: altura de plantas, número de folhas e ramos, área foliar, fitomassa, número e peso de capulho, peso de algodão em caroço, peso de 100 sementes, percentagem de fibra, peso de pluma e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. Os resultados obtidos neste trabalho indicam ser o algodoeiro mais sensível à salinidade nas variáveis de crescimento do que nas de produção. Entre os genótipos, a cultivar CNPA Precoce 2 tem uma tendência a ser mais sensível ao estresse salino. Enquanto a cultivar EMBRAPA 113-Algodão.7MH é mais tolerante à salinidade da água de irrigação em termos de crescimento, a linhagem CNPA Acala 93/15 tem maior tolerância em relação as variáveis de produção. O peso da fitomassa de ramos e de raízes foram as variáveis mais afetadas em todos os genótipos. Não houve influência da salinidade até o nível de 10dS.m<sup>-1</sup> da água de irrigação sobre o peso médio de 100 sementes e sobre a percentagem de fibra dos genótipos com exceção da cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M. Este genótipo não se adaptou às condições em que foi conduzido o experimento, sendo o mais afetado pela salinidade.

JÁCOME, A. G. **Growth and Yield of Cultivars and Lineage of Cotton Developed in a Saline Sodic Soil.** Campina Grande -PB: Federal University of Paraíba. Center of Sciences in Tecnology, 1999. 110p. Dissertation (M.Sc).

### ABSTRACT

We studied the growth and yield of six cultivars and one lineage of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), developed in a greenhouse of DEAg/CCT/UFPB, municipal district of Campina Grande - PB, using material with a loamy-sand, soil texture, previously classified as saline sodic soil. The experiment was set in the period of MAY to November 1998. We used the factorial scheme 6 x 5, in completely randomized design with three replications. Cultivars and lineage used were: CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA 7H, EMBRAPA 113-Algodão. 7MH, EMBRAPA 112-Algodão.6M e CNPA Acala 93/15; and water irrigation salinity levels: 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 ds/m à 25 °C, respectively. The control of the irrigation was done by the weighing of the vases, elevating the soil water content to 90% field capacity. The following variables were analysed: plant height, leaf and branch number, leaf area, vegetal matter weight, fiber number and matter weight, yield fiber weight, 100 seeds weight, fiber percentage, plume and CEes weight. The results obtained of this survey showed that the cotton is more sensitive to salinity in the growth and vegetative development variables than the yield variable between the cultivars and lineage, the CNPA Precoce 2 cultivar has a tendency to be more perceptible to the salt stresses. While EMBRAPA 113-Algodão.7MH cultivar is more tolerant to water irrigation salinity in growth and vegetative development variables, the CNPA Acala 93/15 lineage is tolerant in yield. The branch and root matter weight were the most affected variables between the cultivars and lineage. There was not influence of 10dS.m<sup>-1</sup> irrigation waters salinity level on 100 seeds weight and in fiber percentage of the cultivars and lineage but EMBRAPA 112-Algodão.6M cultivar. This cultivar did not adapt to the conditions of the experiment, being the most affected by salinity.

## 1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é cultivado em quase todo o mundo, devido sua fibra ser a mais importante das fibras têxteis e matéria prima de vasta aplicação na indústria, originando inúmeros produtos e subprodutos. Por isso, essa cultura destaca-se por ser de grande valor social, econômico e absorvedora de mão de obra (Beltrão, 1996a).

Até o início da década de 70, a região Nordeste, destacava-se como uma das maiores produtoras de algodão. A partir de então, a cotonicultura entrou em declínio. Apesar do incentivo da indústria têxtil e de toda tecnologia disponível, a produtividade média atualmente é relativamente baixa. Isso se deve a vários fatores como falta de investimento e a não utilização de técnicas de manejo que permitam às novas cultivares, atualmente em uso, alcançarem uma alta produtividade e principalmente pelo efeito da competição de mercado, pois alguns países produtores oferecem o produto a menores preços e a longo prazo, além da falta de competitividade em custos e preços finais do produto, em comparação aos outros produtos agrícolas, sobretudo os de exportação (Beltrão, 1996b).

No entanto, o cultivo de algodoeiro anual em regime de irrigação no Nordeste brasileiro, é atualmente uma das prioridades para as áreas irrigadas, pela maior garantia de se obter boas safras, pela demanda crescente de pluma para o polo têxtil da região, boa qualidade do produto colhido e alta produtividade. Constitui-se, também, numa boa alternativa de exploração agrícola, pela menor exigência em água, quando comparado com outros cultivos, além de ocupar por

pouco tempo a área e por sua tolerância à salinidade, permitindo a utilização de áreas afetadas por sais e aproveitamento das águas de inferior qualidade que não podem ser utilizadas em culturas sensíveis, sendo portanto, uma alternativa para os solos salinos do Nordeste (Almeida et al., 1990).

A irrigação é, portanto, uma prática indispensável para a produção de algodão na região, devido às estiagens freqüentes no período chuvoso e por ocorrência de seca prolongada durante a maior parte dos meses do ano. Entretanto, a acumulação de água no período chuvoso, alternado com a alta evaporação na estação seca, resulta na variação qualitativa e quantitativa das reservas hídricas utilizadas na irrigação, com sérios riscos para as culturas (Nunes Filho et al., 1991 e Gheyi et al., 1997).

A não observância de determinados princípios básicos no manejo de água às plantas, conduz, quase sempre, à deterioração das propriedades físicas e químicas do solo, limitando o potencial produtivo dos cultivos. Como todas as águas naturais contêm sais solúveis, a aplicação de água ao solo implica, necessariamente, na adição de sais ao seu perfil, segundo vários autores (Kamphorst & Bolt, 1976; Pizarro, 1985; Magalhães, 1986 e Hoorn & Alphen, 1988). Logo, a água de irrigação, mesmo de excelente qualidade, pode ser um importante fator de salinização, se não for manejada corretamente (Richards, 1954; Shalhevet, 1973 e Martinez Beltran, 1986).

A salinização do solo tem se constituído num dos mais sérios fatores limitantes à exploração de culturas irrigadas, especialmente em áreas sob condições de aridez e semi-aridez (Black, 1968 e Pizarro, 1985), como é o caso do Nordeste brasileiro, onde o problema pode se agravar ainda mais pelo uso de águas de baixa qualidade para a irrigação. A qualidade das águas utilizadas nas culturas varia bastante de um lugar para outro e há evidências de sua variação ao longo do tempo, principalmente nos pequenos açudes (Costa & Gheyi, 1984; Audry & Suassuna, 1990).

Felizmente, nem todas as culturas respondem de maneira semelhante à salinidade; algumas são capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, em concentrações elevadas de sais. A tolerância à salinidade varia entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie, sendo importante se

identificar aqueles que mais se adaptam às condições adversas de concentração de sais ao solo (Epstein & Rains, 1987; Fageria, 1989; Ayers & Westcot, 1991).

O algodoeiro é tolerante à salinidade; até o nível de  $7,7 \text{ dS.m}^{-1}$  (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo - CEes) não há queda de produção das plantas. Ocorre diminuição do rendimento de 10, 25, 50 e 100% quando a CEes é de 9,6; 13,0; 17,0 e  $27,0 \text{ dS.m}^{-1}$  (Doorenbos & Kassam, 1994).

Com relação a sódio, o algodoeiro é sensível na fase de germinação de sementes e tolerante no restante do ciclo, segundo Pearson (1960) e Ayers & Westcot (1991). Na maioria dos trabalhos encontrados na literatura foram estudados aspectos de salinidade com utilização de água de irrigação em que havia predomínio do íon  $\text{Na}^+$ . Não foram encontradas referências a estudos específicos de salino-sodicidade do solo sobre o algodoeiro.

Através do presente trabalho, pretendeu-se contribuir para o entendimento do efeito de diferentes qualidades da água salina de irrigação no crescimento, desenvolvimento e rendimento de cinco cultivares e uma linhagem de algodoeiro através do cultivo em solo salino-sódico.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### ***2.1. Origem e natureza dos solos salinos***

Conjuntamente ao processo de pedogênese, os sais solúveis no solo têm como origem o intemperismo de rochas e minerais primários, constituintes da crosta terrestre (Pizarro, 1985), envolvendo processos físicos (dilatação, contração e desintegração), químicos (dissolução, hidrólise, carbonatação, oxidação, redução, hidratação e decomposição) e biológicos (reações químicas promovidas pelos microorganismos, presença de raízes e atividades humanas), mediante a ação de vários fatores, tais como: clima, relevo, organismos vivos e tempo (Brady & Buckman, 1983).

Alguns elementos (sódio, cálcio, magnésio, potássio, cloro, enxofre e carbono), embora estejam presentes nas rochas em proporções relativamente baixas, são retidos com menores coeficientes de energia, apresentando alta solubilidade e mobilidade em relação ao silício, alumínio e ferro. Como consequência, os diferentes compostos solúveis daqueles elementos, quando liberados da rocha matriz, poderão ser acumulados no solo em determinadas condições.

Normalmente os sais são transportados pela água, depositados em depressões e, sob condições climáticas de alta evaporação e baixa pluviosidade, aliadas à deficiência de drenagem, concentram-se, formando assim os solos salinos (FAO/UNESCO, 1973 e Pizarro, 1985).

Reeve & Fireman (1967), Richards (1980) e Daker (1988), descrevem que os sais solúveis, comumente presentes nos solos, são constituídos principalmente de sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), enquanto potássio ( $\text{K}^+$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) borato ( $\text{BO}_3^{-3}$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) encontram-se em menor frequência. A fonte original, e de certo modo a mais direta, da qual provém os íons supra citados, como já foi mencionado anteriormente, são os minerais primários que se encontram nos solos e nas rochas expostas da crosta terrestre. Durante o processo de intemperização química estes constituintes são gradualmente liberados tornando-se mais solúveis. Os íons carbonato e bicarbonato se formam como consequência da dissolução de  $\text{CO}_2$  em água. O  $\text{CO}_2$ , pode ser de origem atmosférica ou biológica e a água é um ativo agente químico intemperizante que libera quantidades apreciáveis de cátions na forma de bicarbonatos. Os íons carbonato e bicarbonato estão relacionados entre si e a quantidade que há de cada um é função do pH da solução (Meiri & Shalhevet, apud Menino, 1983).

Um parte significativa das áreas irrigadas, no mundo, encontra-se danificada por sais (Postel, 1989). De acordo com a estimativa da FAO, aproximadamente 50% dos 250 milhões de hectares irrigados já apresentam salinização e saturação do solo, e 10 milhões de hectares são abandonados, anualmente, em virtude desses problemas (Bernardo, 1992).

Os solos salinos são largamente distribuídos nas zonas áridas, onde a precipitação é menor que a evaporação. A falta de percolação nos solos dessas regiões, juntamente com a excessiva evaporação da água, produz acumulação, na parte superficial do solo, de sais solúveis prejudiciais para a vida das plantas, sendo portanto, uma forma de poluição.

Os solos afetados por sais representam um sério problema para a agricultura sendo necessária a aplicação de medidas especiais e práticas de manejo adequadas, para que não seja afetado o rendimento dos cultivos. Em se tratando de regiões áridas e semi-áridas irrigadas, o problema torna-se mais grave

limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas em níveis antieconômicos. Nessas regiões, caracterizadas por baixos índices pluviométricos insuficientes para lixiviar e transportar os sais e por intensa evapotranspiração que tende a concentrar os sais nos horizontes superficiais do solo e na água superficial, a baixa eficiência da irrigação e da drenagem contribui freqüentemente para a salinização dos solos elevando o lençol freático, a baixa permeabilidade desses solos contribui para aceleração do processo de salinização. Além disso a água subterrânea também funciona como agente transportador e acumulador de sais solúveis através das reações de intemperização, transferindo-se de uma área para outra pela condução tubular e ascensão capilar, contribuindo para a formação da salinidade e sodicidade dos solos (Kovda, 1964; Israelsen & Hansen, 1965).

De acordo com Richards (1954), Pizarro (1985) e UFC (1993), os fatores centrais da salinização de um solo estão ligados à aridez do clima e ao manejo da água. Pois, embora a fonte principal e mais direta de todos os sais encontrados no solo seja proveniente do intemperismo das rochas e minerais, raramente são capazes de isoladamente causarem problemas de salinização no solo.

Freqüentemente, problemas de salinidade têm sido associados à água de irrigação e à presença de lençol freático elevado e não controlado. A salinização pode ser também, associada aos ventos, às chuvas e às inundações pelas águas do mar, provocando problemas em várias partes do mundo (Van Alphen & Verhoeven, 1983).

Segundo Bernardo (1992), a salinização é subproduto da irrigação. Por exemplo, cada 100 mm de irrigação, cuja concentração de sais na água seja de 0,5g/litro, conduz, para a área irrigada, 500kg de sal por hectare. Com isto, pode-se dizer que quanto maior for a eficiência dessa aplicação, menores serão: a lâmina usada, a quantidade de sal trazido para a área irrigada e o volume d'água percolado e drenado.

Para Barrios (1976), os fatores diretamente responsáveis pela salinização dos solos em áreas irrigadas são: uso de água de irrigação com alta concentração salina, elevação do lençol freático devido ao manejo inadequado de irrigação, falta ou deficiência de drenagem, elevação do lençol freático em decorrência da perda de água por infiltração nos canais e reservatórios, acumulação de água de

irrigação nas partes mais baixas do terreno, minerais não intemperizados completamente, pequenas quantidades de sais trazidas pelas chuvas e sais residuais de antigos ambientes marinhos (fósseis). Primavesi (1980), relata que as razões principais da salinidade dos solos são: irrigação mal conduzida, destruição da vegetação nativa, inexistência ou manutenção deficiente do sistema de drenagem e manejo inadequado do solo e da água, para Cordeiro (1988) além destes fatores está associado a quantidade inadequada de água para lavagem dos sais e uso indiscriminado de fertilizantes, enquanto Cruciani, apud Araújo Filho (1991), evidencia que em áreas do Nordeste brasileiro existe um transporte significativo de sais através das chuvas da região na forma de aerossóis.

A salinização decorrente da irrigação, em diferentes tipos de solos, depende das propriedades do próprio solo e, especialmente, das condições de drenagem e do balanço de água e sais na zona radicular das culturas (FAO/UNESCO, 1973). Segundo Shalhevet (1973), os dois principais fatores que controlam a acumulação de sais são a qualidade e quantidade da água de irrigação.

A máxima acumulação de sal pode ocorrer em diferentes profundidades do perfil do solo, contudo, muito freqüentemente, ela ocorre na superfície ou próximo da mesma.

Segundo Cordeiro (1984) e Lacerda et al. (1993), a salinidade pode interferir na disponibilidade de água às plantas por efeito osmótico e provocar toxicidade pela ação específica dos íons, sódio, cloreto, sulfato, carbonato e bicarbonato. Esses efeitos são de natureza química. Os efeitos físicos correspondem à dispersão das argilas e degradação de estrutura do solo.

As propriedades físico-mecânicas dos solos, tais como dispersão das partículas, estabilidade dos agregados, estrutura do solo, permeabilidade e infiltração, são muito influenciadas pelos tipos de íons trocáveis presentes (Shainberg, 1973, 1975 e Shainberg & Oster, 1978), cujas proporções no complexo de troca podem ser extremamente alteradas com o processo de salinização.

Segundo Daker (1988), ligeiras diferenças de textura podem provocar um movimento desigual na distribuição de água nas camadas do solo, acarretando desuniformidade na acumulação de sais ao longo do perfil. Os principais sintomas

dos solos salinos são: presença de crostas brancas de sais na superfície, aspectos úmido e oleoso ou fofo e vegetação pouco desenvolvida (Hebron, 1967; Gondin, 1973; Richards, 1980 e Brady & Buckman, 1983). Estes tipos de solos encontram-se quase sempre floculados, devido à presença de excesso de sais e ausência de quantidades significantes de sódio trocável, o que resulta em permeabilidade igual ou maior que em solos similares não salinos, podendo ser recuperados por simples lavagem acompanhada, seqüencialmente, de uma drenagem eficiente (Richards, 1954; Richards, 1980; Bernardo, 1992 e Daker, 1988).

Gheyi et al. (1991), relata que enquanto a acumulação de sais solúveis torna o solo floculado, fofo e bem permeável, o aumento do sódio trocável poderá torná-lo adensado, compacto em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas.

O sódio pode ser considerado um dos fatores mais importantes na qualidade da água, devido principalmente ao seu efeito sobre as propriedades do solo. O efeito principal da salinidade sobre os solos consiste em sua ação sobre a estrutura. Esta propriedade é função da floculação dos colóides e da cementação dos mesmos na forma de agregados. Por esta razão, os efeitos da salinidade são mais pronunciados quanto mais argiloso for o solo (Hoorn, 1971; Kovda et al., 1973 e Pizarro, 1985).

Richards (1954) e Pizarro (1985) afirmam que no processo de concentração de sais no solo, em virtude das precipitações dos carbonatos de cálcio e de magnésio, bem como do sulfato de cálcio, há um aumento da concentração relativa de sódio, que pode substituir o cálcio e o magnésio trocáveis, dando origem ao processo de sodificação do solo.

A composição dos cátions trocáveis está relacionada com a concentração dos diferentes cátions presentes na solução do solo (Richards 1954; Hoorn & Alphen 1988 e Rhoades & Loveday, 1990). Assim, nos solos normais e produtivos das regiões áridas e semi-áridas, o cálcio e magnésio são os principais cátions encontrados na solução do solo e complexo de troca (Richards, 1954; Mcneal & Coleman, 1974 e Molen, 1974).

Todavia, quando esses solos são submetidos à águas de irrigação ou subterrâneas salinas, contendo uma alta proporção de sódio, um excesso de sais

solúveis pode se acumular em seu perfil, onde o íon sódio, freqüentemente, torna-se o cátion predominante na solução do solo (Richards, 1954; Mcneal & Coleman, 1974 e Rhoades, 1974).

Alta salinidade na água de irrigação aumenta a velocidade de infiltração, enquanto que baixa salinidade ou proporção alta de sódio em relação ao cálcio e magnésio, a diminui. Ambos os fatores, salinidade e proporção de sódio, podem atuar simultaneamente (Ayers & Wescot, 1991).

A velocidade de infiltração de água no solo é melhor correlacionada com a sodicidade e salinidade da água de irrigação do que com a percentagem do Na trocável e a salinidade do solo (Oster & Schrder, 1979).

As propriedades químicas do solo dependem, fundamentalmente, dos colóides eletronegativos que são as argilas e os ácidos húmicos. Os colóides eletronegativos estão rodeados de capas de cargas. A primeira, corresponde ao próprio colóide, carregada negativamente. A segunda, é composta de cátions que se encontram retidos à sua carga positiva. Os mais importantes cátions adsorvidos são os íons de  $H^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$  (Pizarro, 1985).

Segundo McGeorge (1952), a adsorção do íon sódio ao solo, em função da salinidade da água, esta intimamente relacionada com o valor da relação Na/Ca. Quando esta relação na água de irrigação é de ordem  $5 \pm 1$ , a percentagem de Na trocável pode atingir os valores de  $25 \pm 5$ .

Vários fatores interatuam com a salinidade: fertilidade, estrutura, aeração, conteúdo de umidade, além da composição química do complexo de troca.

Como se observou anteriormente são diversas a origem e a natureza dos sais que causam problemas nos solos, apesar de no Nordeste do Brasil a maioria dos solos afetados por sais ser aluviais e aqueles predominantes de sódio.

## **2.2. Qualidade da água de irrigação**

A água é essencial para os seres vivos e fator de fundamental importância para produção de alimentos, especialmente sob condições irrigadas. Em todo o mundo, o uso intensivo de águas de boa qualidade tem acarretado, de forma crescente, a diminuição da sua disponibilidade para novos e antigos projetos de irrigação e, por outro lado, a crescente necessidade de expansão das áreas

agrícolas, têm gerado a necessidade do uso de águas adicionais de qualidade inferior (Ayers & Westcot, 1991).

O conceito de qualidade da água refere-se às características que podem afetar as necessidades do usuário, definidas por uma ou mais características físicas, químicas e/ou biológicas. Assim, uma água pode ser considerada de melhor qualidade se produzir melhores resultados (Sousa, 1995).

Entre os fatores responsáveis pela salinização, assim como já foi mencionado anteriormente, a água foi apontada como um fator dos mais importantes: 77% das amostras analisadas apresentavam altos índices de salinidade (Suassuna, 1994). Este autor cita ainda, que as características de clima e solo do semi-árido nordestino indicam, por si só, como a água disponível na região é vulnerável à salinização. Sem dúvida, a existência de sais nas águas utilizadas para irrigação se relaciona à natureza do substrato com o qual elas têm contato. O grau de concentração desses sais depende da evaporação.

Segundo Hoorn (1971), os principais componentes solúveis da água a serem determinados são: a concentração total de sais solúveis; composição iônica e a presença de elementos-traços. A concentração iônica do solo quando elevada, promove redução do potencial hídrico do mesmo, inibindo a absorção de água e nutrientes do solo (Arad & Richmond, 1976).

O sódio pode ser considerado um dos fatores mais importantes na qualidade da água, devido principalmente ao seu efeito sobre as propriedades do solo. Embora as plantas sensíveis possam sofrer danos como resultado da acumulação de sódio nas células dos tecidos foliares, este exerce um efeito primário sobre o solo e um secundário no crescimento da planta, através da deterioração das condições físicas do solo (Hoorn, 1971; Kovda et al., 1973).

Nas águas ricas em íons bicarbonato, há uma tendência do cálcio e o magnésio se precipitarem no solo em forma de carbonatos à medida que a solução do solo se torna mais concentrada; o que provoca uma mudança na relação entre o sódio e a quantidade total de cálcio, aumentando a sua concentração relativa e, conseqüentemente, o efeito do risco de sodicidade da água de irrigação (Eaton 1950; Richards 1954; Wilcox et al., 1954; Hoorn 1971; Rhoades 1972; Yaron 1973 e Bohn et al., 1985).

O íon cloreto não é, geralmente incluído nos sistemas de classificação de água modernos, por ter efeito sobre as propriedades físicas do solo (Yaron, 1973) e muitas plantas serem menos sensíveis aos sais de cloreto do que aos de sulfato (Strogonov 1964; Hoorn, 1971 e Kovda et al., 1973).

Independente da fonte, toda a água de irrigação contém sais dissolvidos; o tipo e a quantidade destes dependem de sua origem e também do curso da água antes de sua utilização (Kovda et al., 1973). Qualquer adição de água ao solo, quer seja pela ascensão capilar do lençol freático, se presente à pouca profundidade, quer pela irrigação, implica necessariamente em adição de sais ao perfil (Kamphorst & Bolt, 1976). Por isso, a água de irrigação, mesmo de excelente qualidade, pode tornar-se um fator de salinização do solo, se não for manejada corretamente (Richards, 1954).

Em alguns casos, podem adicionar até vinte toneladas de sais, por hectare, por ano. Há casos em que o lençol freático poderá chegar próximo da superfície do solo, impedindo a percolação eficiente dos sais da zona radicular do terreno; a ascensão da água salina do lençol ocorre por diferença de potenciais de água e é aumentada com a evaporação, acumulando os sais na superfície do terreno, que poderá tornar-se esterilizado.

Vários fatores, portanto, devem ser considerados quando se verifica a adequabilidade de uma água para fins de irrigação, entre os quais, podem ser assinalados: teor e tipo de sais, características do solo, tolerância da cultura, condições climáticas, manejo da irrigação e drenagem (Palacios & Aceves, 1970; Hoorn, 1971; Rhoades, 1972; Kovda et al., 1973; Christiansen et al., 1977). Como resultado da evapotranspiração, a concentração salina da solução do solo pode aumentar de 4 a 10 vezes mais do que a da água de irrigação, dentro de 3 a 7 dias após sua aplicação (Carter, 1975). Mas, se a água for aplicada em excesso e a infiltração e drenagem forem adequados, a salinidade do solo poderá permanecer em nível baixo (Bernstein, 1974).

O comportamento do solo em contato com água salina depende de suas propriedades físicas e conteúdo de sais iniciais (Kovda et al., 1973). Assim, o conteúdo de argila do solo afeta a capacidade de absorção de íons que, por sua vez, influencia as propriedades físico-hídricas do mesmo.

A prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões de clima quente e seco, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração exceder a precipitação durante a maior parte do ano. Nessas regiões sem um manejo adequado da irrigação, a salinização do solo é inevitável.

A rigor, todas as águas naturais, quer sejam de origem pluvial superficial (rios, lagos e açudes) ou subterrânea (poços e cacimbas), contém sais dissolvidos em quantidades variadas (Jackson, 1958; Kovda et al., 1973; Yaron, 1973; Kamphost & Bolt, 1976).

A adequação da água para irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de uso (Wilcox & Durum, 1967). Uma mesma qualidade de água pode ser considerada perfeitamente adequada para um certo tipo de solo ou cultura, mas ser inadequada para outros (Hoorn, 1971). A qualidade da água pode ser considerada como um importante fator.

Os métodos de irrigação influenciam na acumulação de sais no solo e na planta (Kovda et al., 1973). A aplicação de quantidades de água em quantidades menores que o requerimento hídrico das culturas resultará na acumulação de sais na zona radicular; por outro lado, aumentando-se a lâmina aplicada, haverá lixiviação de sais, alcançando um equilíbrio entre a concentração de sais da água e do solo (Hoorn, 1971; Kovda et al., 1973). Porém, uma drenagem inadequada, numa área com um lençol freático elevado, aumentará a salinidade do solo (Kovda et al., 1973).

Em linhas gerais, em torno de 70% das fontes de água avaliadas no Nordeste foram consideradas de boa qualidade para irrigação. Considerando apenas esse aspecto poderia se esperar que as áreas irrigadas com essas águas não apresentariam problemas de acumulação de sais, o que não é verdade. Estima-se que há entre 25 e 30% de áreas afetadas nos perímetros irrigados do Nordeste (Goes, 1978; Cordeiro & Millar, 1978). Este fato deve-se, essencialmente, ao manejo de irrigação adotado, sob condições de intensa evaporação e drenagem deficiente. Também vale ressaltar que os solos desses perímetros, naturalmente já tinham alguns problemas de salinidade, e com o manejo inadequado da irrigação provocou a acumulação de sais por falta de

drenagem ou promoveu a elevação do lençol freático ou seja, os problemas de salinidade existentes nas áreas irrigadas estão relacionados principalmente ao manejo inadequado da irrigação.

A falta de informações, completa e sistemática, quanto a qualidade da água, poderá conduzir ao uso de água de qualidade inadequada, com conseqüentes efeitos deletérios nas propriedades físico-químicas dos solos e nos rendimentos das culturas (Medeiros, 1992).

### **2.3. Efeito da salinidade da água de irrigação na planta**

As plantas em seu ambiente, sofrem influências de naturezas diversas. Qualquer fator ambiental potencialmente desfavorável aos organismos vivos é chamado convencionalmente de estresse (Levitt, 1980). Para este mesmo autor, estresse salino é a condição de excesso de sais no solo que promove qualquer tipo de injúria na planta, prejudicando assim, seu crescimento e desenvolvimento.

Os sais que contribuem para a salinidade são solúveis e transportados facilmente pela água. Uma parte dos sais acumulados no solo por irrigações anteriores pode ser lixiviada além da zona radicular, quando a quantidade de água for maior do que a consumida pela cultura, durante o seu ciclo vegetativo e reprodutivo. À medida que as plantas consomem água, a reserva hídrica da parte superior <sup>do solo</sup> esgota-se progressivamente, chegando o momento em que a água mais facilmente aproveitável encontra-se nas camadas inferiores da zona radicular, as quais são geralmente mais salinas (Ayers & Westcot, 1991).

Os efeitos dos sais sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água salina pelo vegetal, pela interferência dos sais nos processos fisiológicos, ou mesmo por toxidez similares àquelas de adubações excessivas. Determinados íons, como de sódio e de cloro, podem: (I) tornar-se tóxicos quando presentes na célula vegetal em demasia; (II) danificar a membrana celular; (III) promover distúrbios metabólicos, afetando a fotossíntese, respiração, metabolismo de proteínas, atividades enzimáticas, produção de toxinas, etc (Strogonov et al., 1972). Segundo Rhoades & Loveday (1990) e Bernardo (1992), os efeitos da salinidade são manifestados nas reduções na taxa de germinação e

de crescimento, redução no rendimento, e em certos casos severos, morte generalizada das plantas.

A presença excessiva de sais impedirá a absorção de água e nutrientes pelas plantas (UFC, 1993), que segundo Navarro (1979), exerce uma grande influência no seu desenvolvimento, limitando a produtividade em extensas áreas de vários países. Essa limitação se deve tanto aos baixos potenciais osmóticos das soluções salinas, que podem ocasionar a seca fisiológica, quanto à presença excessiva de íons potencialmente tóxicos como sódio. Segundo esse autor, existem várias teorias que procuram explicar os efeitos deletérios dos sais solúveis sobre as culturas, destacando-se dentre elas, a teoria da disponibilidade de água, a da inibição osmótica ou ajuste osmótico e a da toxicidade específica.

Segundo Yaron et al. (1973), somente quando a acumulação de sais solúveis atinge um nível prejudicial ao crescimento da planta, é que se tem por desenvolvida a condição de salinidade no solo; ou seja, é a cultura que define a salinidade do solo, de modo que um solo com problemas de sais para uma dada cultura pode ser bem adequado para outra.

Shalhevet & Reiniger (1964), estudando o efeito de vários regimes de lixiviação em culturas de cevada, algodão e beterraba, usando água salina com uma condutividade elétrica de 900 e 3900 micromhos/cm a 25°C, verificaram que com taxas elevadas de lixiviação houve um leve aumento da salinização com a profundidade e com baixa lixiviação ocorreu uma acentuada acumulação de sais na zona intermediária radicular.

Nas espécies vegetais, os efeitos de salinidade e/ou da sodicidade são diferentes, variando entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie, visto que algumas produzem rendimentos aceitáveis, em níveis relativamente altos de condutividade elétrica, enquanto outras são mais sensíveis (Ayres & Westcot, 1991). Tais diferenças devem-se à melhor capacidade de adaptação osmótica de algumas espécies, sendo capazes de absorver e acumular íons e utilizá-los na síntese de compostos orgânicos, além de terem maior capacidade de absorção de água, mesmo em potenciais osmóticos muito baixos. É muito útil essa variabilidade genética entre as plantas, por permitir a seleção de espécies e cultivares mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, em condições de salinidade.

Experimento realizado por Howell et al. (1984), em Riverside (EUA), utilizando águas de diferentes salinidades na irrigação por sulcos em algodoeiro (Cultivar Acala SJ-2), mostrou que o aumento da salinidade no solo incrementou a resistência difusiva dos estômatos ( $r_s$ ) ao vapor d'água e reduziu o potencial de água na folha ( $\psi_f$ ); como consequência, ocorreu diminuição na produção de algodão em pluma, de forma linear. Esses autores reportaram que existe uma boa correlação entre o rendimento de algodão e o índice de estresse hídrico, representado pela  $r_s$  ou  $\psi_f$ .

A salinização do solo acarretará mais problemas se os sais acumulados forem predominantemente carbonato e bicarbonato de sódio. Além do fato do sódio ser tóxico às plantas e provocar a impermeabilização do solo (dificultando a circulação do ar e da água no interior do perfil), os sais carbonatados provocam uma elevação do pH a níveis letais aos vegetais. Já com os sais tipo cloreto e sulfato, considerados neutros, a elevação do pH não chega a tanto (UFC, 1993).

Os efeitos deletérios do sódio trocável nos solos agrícolas são bem conhecidos (Richards 1954; Reeve & Fireman 1967; Black 1968; Kovda et al., 1973; Yaron et al., 1973 e Poljakoff-Mayber & Gale 1975), sabendo-se que uma percentagem de sódio trocável de apenas 10 a 15% é suficiente para causar dispersão do solo, redução da permeabilidade e prejudicar o crescimento da maioria das culturas.

As plantas respondem diferentemente aos níveis de sais e de sódio trocável, encontrados no solo, ou seja, certas plantas denominadas halófitas atingem uma produtividade aceitável em altos níveis, de salinidade; já outras, as glicófitas são prejudicadas mesmo em baixos níveis de salinidade. Estas últimas plantas conseguem absorver água da solução do solo mesmo sob baixos potenciais osmóticos. O conhecimento prévio dos limites de tolerância à salinidade de determinados genótipos, permite-nos escolher os mais adaptados para solos afetados por sais, sem comprometimento da produtividade da cultura (Maas, 1984).

A acumulação de sais solúveis em quantidades excessivas poderá afetar o crescimento e rendimento das plantas, mediante um ou mais mecanismos. As plantas que crescem em meio salino tendem a apresentar desuniformidade e redução no crescimento; as folhas tem cor verde-azulada mais escura que

aquelas plantas que crescem em condições normais, mas podem apresentar queimaduras nas bordas ou clorose nas folhas, manchas desnudas no solo (Richards; Black, apud Medeiros 1992). Entretanto, as plantas, mesmo apresentando redução de até 25 a 50% do rendimento potencial, podem ter um aspecto homogêneo, sem danos claramente visíveis de efeitos de salinidade (Hoorn & Alphen, 1988). No entanto, essas características, muitas vezes, não são indicações precisas de salinidade, podendo ser confundidas com efeitos causados por baixa fertilidade do solo.

Segundo Richards (1980), necroses em folhas de cultivares de algodoeiro sensível aos sais, estão estreitamente relacionadas com o conteúdo de sódio nas folhas, no caso do teor de sódio na matéria seca foliar ser superior a 0,2%.

A salinidade diminui o processo fotossintético mais precisamente pela redução na área foliar disponível para a fotossíntese (Khalil et al., 1967). Afirma que a respiração da folha tende a aumentar em culturas, quando desenvolvidas em meio salino (Hoffman & Phene, 1971).

Segundo Chavan & Karadge (1980), as altas concentrações de NaCl e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reduzem o crescimento de raiz, parte aérea e peso da matéria seca de várias partes das plantas. No entanto, Meire et al. (1970), afirmam que a salinidade afeta mais o crescimento da parte aérea do que das raízes, dependendo do tempo de exposição às condições salinas. O acúmulo de sódio nas folhas varia com a fonte de sal e a espécie vegetal, sendo que o NaCl se acumula em maiores proporções, podendo ocasionar necrose progressiva, perda de cor, brilho e posteriormente o desfolhamento.

A redução no crescimento e rendimento das culturas depende também da tolerância ao cloreto de sódio e da diminuição do potencial osmótico da solução do solo (Frenkel et al., 1978).

Segundo Laraque (1989), a salinidade pode ainda provocar um desequilíbrio nutricional, toxicidade de alguns íons e interferência no equilíbrio hormonal capazes de diminuir a plasticidade da célula e a permeabilidade da membrana citoplasmática, além de influenciar no processo da fotossíntese, já que afeta o conteúdo de clorofila nas plantas. Conforme Cruciani (1987), sob condições de estresse salino, as folhas são de coloração verde azulada escura,

maior espessura e cerosidade, enquanto as raízes são suberizadas e pouco alongadas, afetando a absorção de água e nutrientes.

As plantas crescendo em solos salinos são, usualmente, menores do que o seriam em solos não salinos. Às vezes, são mais escuras, devido ao alto teor de clorofila e por terem a cutícula mais espessa. Ocasionalmente, ocorrem manchas de coloração marrom, mosqueamentos e amarelecimentos (clorose) nas folhas. Internamente, há modificações morfológicas: a espessura das paredes celulares é aumentada e a proporção de vasos condutores é diminuída. Por outro lado, a transpiração por unidade de área foliar não é afetada (Bernstein, 1961).

Os efeitos da salinidade são manifestados em perdas de stand, redução na taxa de crescimento da planta, redução no rendimento, e em certos casos severos, falha total da cultura. A salinidade limita a absorção de água pelas plantas por reduzir o potencial osmótico e deste modo o potencial total de água do solo; adicionalmente, certos sais podem ser especificamente tóxicos às plantas ou podem pôr em desordem o balanço nutricional, se estão presentes em quantidades excessivas (Rhoades & Loveday, 1990).

Em geral, as fruteiras têm sensibilidade específica a acumulação foliar de Na/Cl, principalmente nos primeiros estágios de desenvolvimento. A acumulação deste íon em níveis prejudiciais contribuem para a redução no desenvolvimento e rendimento das frutas. Salienta-se que a tolerância da cultura varia tanto entre espécies de plantas como entre cultivares da mesma espécie. Portanto, há necessidade urgente de se estabelecer os níveis de salinidade toleráveis para as principais cultivares comumente cultivadas no Brasil, pois as tabelas elaboradas em diferentes países têm utilidade limitada, servindo, apenas, como guia de orientação (Gheyi et al., 1997).

Os sais vão se acumulando na zona radicular do solo à medida em que as culturas consomem por evapotranspiração, grande parte da água armazenada (Ayers & Westcot, 1991). Eaton (1941) e Hayward (1953), trabalhando com milho e tomate, Lunin et al. (1963), em trabalho com feijão, apud Araújo Filho (1991), mostraram que a quantidade total de água perdida por evapotranspiração diminui com o aumento da salinidade; enquanto Bernardo, apud Araújo Filho (1991), afirma que, a frequência de irrigação nos solos salinos é fator muito importante,

pois quanto maior esta frequência, menor será o efeito da salinidade sobre a cultura.

Segundo Busch & Turner Júnior (1967), o conteúdo de sódio nas folhas de algodoeiros de fibra curta e longa, apresentou diferenças quando irrigado por aspersão diurna, noturna e por superfície. A irrigação com água salina ( $CEa = 4,4$  dS/m a  $25^{\circ}C$  e  $Na^{+} = 24,0$  meq/l), provocou o maior acúmulo de  $Na^{+}$  nas folhas das plantas irrigadas por aspersão diurna (0,73 e 0,29%) para as cultivares de fibra curta e longa, respectivamente, enquanto que as menores concentrações foram observadas na irrigação por superfície (0,44 e 0,10%), com a maior porcentagem, também na cultivar de fibra curta. Ayers & Westcot (1991), estabeleceram limites de concentração de  $Na^{+}$  e  $Cl^{-}$ , para diferentes culturas, dependendo da sua tolerância, suportando o algodoeiro um conteúdo de  $Na^{+}$  ou  $Cl^{-}$  de até 20 meq/l, na água de irrigação por aspersão, sem causar danos foliares; sendo por isso considerado como tolerante a concentrações maiores.

### 2.3.1. Efeitos tóxicos

A toxicidade é um problema que ocorre, internamente na planta e não é provocada por deficiência hídrica, diferindo, portanto do problema de salinidade (Ayers & Westcot, 1991).

Para Smedema & Rycroft (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração da solução do solo, a causa dos problemas de toxicidade, ao que se supõe, deve-se a uma concentração elevada de um cátion ou ânion específico, ou a uma composição salina desfavorável na solução do solo, resultando numa excessiva ou desbalanceada absorção pelas plantas.

A toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação, seguido pelo sódio e boro, mesmo em concentrações relativamente baixas. O cloreto é absorvido pelas raízes e translocado às folhas onde se acumula durante a transpiração. A sensibilidade das culturas a este íon é bastante variável, enquanto concentrações acima de 0,3%, em base de peso seco, podem provocar sintomas de toxicidade em culturas sensíveis. As espécies consideradas como tolerantes podem acumular até 4-5% de cloro sem mostrar qualquer sintoma de toxicidade. Certos sais nocivos exercem toxicidade nas plantas, por exemplo, o

boro é um elemento essencial, sempre em teores baixos; em excesso, torna-se prejudicial, ocasionando clorose e necrose nas plantas mais sensíveis. Em algumas espécies os sinais de toxidade não são facilmente visíveis, porém em outras, como citros, abacateiros, videira e batata, surgem queimaduras na margem das suas folhas. O boro não deve ultrapassar 0,7 ppm no extrato de saturação do solo para videiras e pessegueiros; com 3,8 ppm, estas plantas perecem.

Os efeitos prejudiciais de altos níveis de sódio trocável no solo são medidos através das alterações nas propriedades físicas do solo, tais como: estrutura e permeabilidade, efeitos tóxicos e desordens nutricionais nas plantas, relacionados com altos valores de pH ou a combinação desses fatores (Richards, 1980).

De acordo com Brady (1989), o sódio trocável exerce efeito adverso no solo e na planta, por meio da ação cáustica da elevada alcalinidade provocada pelo carbonato e bicarbonato de sódio e pelos efeitos tóxicos do carbonato e dos íons ativos de sódio sobre o metabolismo vegetal.

Os sintomas típicos de toxidez pelo sódio são caracterizados basicamente por necrose nas folhas, crestamento e morte de tecidos ao longo de suas margens (Ayers & Westcot, 1991).

A presença de sódio em pequena quantidade, poderá estimular o crescimento e desenvolvimento de determinadas plantas ( $C_4$  e Halófitas), no entanto, concentrações altas deste elemento na solução do solo ou altos valores de relação de adsorção de sódio (RAS) no extrato de saturação poderão provocar toxidez. Ao contrário dos sintomas de toxidade do cloreto que aparecem no ápice das folhas, os sintomas de toxicidade do sódio aparecem na forma de queimaduras ou necroses ao longo das bordas (Ayers & Westcot, 1991).

O boro, mesmo sendo um microelemento essencial para os vegetais, em concentração tão pequena como 1mg/l pode ser tóxico para certas plantas (Binghan et al., 1985; Maas, 1986). Com relação à concentração na água de irrigação, vários autores comentam que o nível que se torna tóxico varia de acordo com a espécie vegetal.

Os efeitos tóxicos acontecem quando a planta absorve com a água excessos de certos sais ou íons, que podem ser acumulados em níveis

prejudiciais nas folhas durante a transpiração e, freqüentemente acompanham ou complicam os problemas de salinidade e/ou de permeabilidade, podendo aparecer mesmo quando a salinidade é baixa (Ayers & Westcot, 1991). Segundo Maas (1985), a absorção foliar acelera a velocidade de acumulação dos íons tóxicos na planta, sendo muitas vezes, a principal fonte de toxidade.

Alguns íons como o sódio, cloreto e boro podem apresentar toxidez específica (Lima 1997), porém, o sódio e o cloreto são mais evidentes nos solos salinos do Nordeste. Os sintomas da toxidez causada pelo sódio não são de fácil identificação, mas em geral caracterizam-se por queimaduras ou necrose nas bordas das folhas e à medida que se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internervural até o centro das folhas, aparecendo inicialmente nas folhas mais velhas (Ayers & Westcot, 1991). Segundo estes autores, os sintomas mais evidentes de toxidade por cloreto são inicialmente observados nas pontas das folhas, progredindo ao longo das bordas e a necrose excessiva pode vir acompanhada de desfolhação prematura. Strogonov (1964) cita que plantas cultivadas sob condições de salinidade com cloreto apresentam maior tolerância aos sais do que as cultivadas sob condições de salinidade com sulfato, apesar de sua resistência à seca, calor e frio ser menor.

### 2.3.2. Efeitos nutricionais

Segundo Cruciani (1987), os sais além de afetarem a disponibilidade da água, podem afetar a nutrição da planta. O autor salienta, também, que a toxidez não envolve, necessariamente, a ação direta do sal ou íon sobre o vegetal, podendo ser causada, em parte, pelos efeitos antagônicos no processo de absorção de nutrientes essenciais ao metabolismo da planta.

Altas concentrações de Na ou de outros cátions na solução do solo podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, indiretamente, através de seu efeito sobre as condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos. Por exemplo, quando no extrato de saturação do solo há teores apreciáveis de carbonato de sódio, o pH do solo poderá alcançar valores tão altos, como 10, por exemplo (Gheyi, et al., 1991). Nestas condições, a disponibilidade de vários elementos essenciais às plantas (Zn, Mn, Fe) é reduzida (Brady &

Buckman, 1983), influenciando o seu crescimento, não diretamente pelo carbonato de sódio, mas por seu efeito no pH do solo.

Embora todo solo contenha uma certa mistura de sais solúveis, nem todo ele pode ser considerado salino. Além do que, segundo Feigin (1985), a concentração de nutrientes desejada no solo se encontra usualmente bem abaixo do nível necessário para causar um efeito de salinização. E, aliás, muitos deles são essenciais e estimulam o crescimento da planta enquanto outros são inócuos, pelo menos quando presentes no meio em pequenas quantidades (Richards, 1954; Dahiya et al., 1983 e Maas, 1985).

Resultados obtidos por Pereira & Andrade (1980), utilizando solução nutritiva, mostraram que uma concentração acima de 50 mmol de NaCl acarretou uma diminuição do crescimento do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cultivar Rossol. Nessa concentração verificou-se uma redução na absorção de cálcio, magnésio e potássio devido ao antagonismo existente entre esses íons e o sódio, sendo que a absorção de água por unidade de massa foi também influenciada, ocorrendo maior dificuldade das plantas em retirar água desse meio salino. No entanto, a capacidade das plantas se desenvolverem, satisfatoriamente, em solos salinos, depende de alguns fatores, entre si relacionados, tais como, a constituição fisiológica da planta, seu estágio de crescimento e sistema radicular (Brady, 1989).

Segundo Cruciani (1987) deve-se ter o cuidado em distinguir no solo, sintomas de baixa fertilidade e salinidade. Plantas com crescimento reduzido, devido à baixa fertilidade, apresentam folhas normalmente verde amareladas, enquanto que, no caso da salinidade, a coloração azulada é resultado de uma cobertura excessiva de cera, sendo a coloração escura devido à elevada concentração de clorofila na superfície foliar.

Arnon (1972) e Greenway (1973) afirmam que geralmente, altas concentrações de sulfato diminuem a absorção de cálcio e promovem a absorção de sódio, causando toxidez em cultivos susceptíveis. Segundo Gheyi et al. (1991), o excesso de um íon pode provocar deficiência de outro, devido à precipitação ou inibição (por exemplo, excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato poderão precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela reduzida disponibilidade do elemento precipitado e não pelo excesso do outro íon.

Richards e Huffaker & Wallace apud Marinho (1996), relatam que o íon sódio pode substituir o íon potássio, quando deficiente, no processo de absorção pelas raízes e Salisbury & Ross apud Marinho (1996), afirmam que em solos salinos as plantas apresentam dificuldade para absorver o potássio. Estas informações já haviam sido observadas por Ansari et al., (1978), utilizando duas cultivares de trigo, tendo eles verificado aumento dos teores de fósforo e sódio na matéria seca, com aumento da concentração salina, enquanto diminuía os teores de potássio e cálcio.

### 2.3.3. Efeitos osmóticos

A água, como qualquer corpo na natureza, procura espontaneamente um estado de energia mínima, podendo-se por isso afirmar que a água sempre se moverá espontaneamente de pontos de maior energia para pontos de menor energia. O potencial total é a medida de seu estado de energia. E esse potencial da água no solo em condições ótimas gira em torno de - 0,1 a - 2 atm., na raiz das plantas já assume valores pouco menores de -1 a -10; na parte aérea valores próximos a - 5 a - 20, e na atmosfera são muito menores entre -100 a -1000 atm.. Nas condições acima descritas a água se movimenta do solo para a planta e para a atmosfera. Sendo que, os baixos valores de potencial nas plantas devem-se principalmente à componente osmótica, que pode assumir valores na faixa de - 5 a -15 atm.; este potencial osmótico bem negativo faz com que a água penetre espontaneamente dentro da célula (Ferri, 1985).

Existem mecanismos que as plantas utilizam para adaptar-se ao estresse salino. Um dos mecanismos utilizados é a diluição, no qual as plantas procuram manter o potencial hídrico de seus tecidos maior que o do solo por alguns momentos (Levitt, 1980). Outro mecanismo é o fechamento dos estômatos das folhas de algumas plantas, que ocorre em ambientes com altas concentrações de sais (Malakandiah & Kajeswararao, 1979). O mais importante dos mecanismos de adaptação ao estresse salino é o ajuste osmótico ou osmorregulação (Levitt, 1980). Com este mecanismo, as plantas procuram manter o potencial hídrico de seus tecidos maior que o do solo por alguns instantes, ocorrendo rápido crescimento das folhas mais jovens. Desta forma, o autor afirma que ao ocorrer a

transpiração, rapidamente haverá uma outra quantidade de água continuando o ciclo e evitando ou reduzindo o estresse primário indireto, causado pela salinidade. No entanto, Daker (1988) relata que embora algumas plantas consigam sobreviver, o fato de parte da energia ser utilizada para esse mecanismo pode se refletir negativamente no crescimento e desenvolvimento das culturas.

Muitos pesquisadores têm demonstrado a estreita relação entre pressão ou potencial osmótico da solução do solo e o crescimento das plantas. Existe evidência de que um aumento da pressão osmótica da solução do solo, provocado por altas concentrações de sais solúveis, provenientes de águas de irrigação e/ou do lençol freático elevado, pode diminuir ou mesmo impedir a absorção de água pelas raízes das plantas. Os sais presentes na solução do solo podem afetar o desenvolvimento das plantas, entre outros motivos, por seu efeito osmótico, reduzido e/ou impedindo a absorção de água (Thorne & Peterson, 1955). À medida em que aumenta a concentração salina da solução do solo, aumenta a pressão osmótica, até um ponto em que as raízes das plantas não têm força de sucção necessária para contrapor a essa pressão osmótica e em consequência, não absorvem água (Pizarro, 1985).

Por outro lado, à proporção em que o solo seca, a tensão da água no solo aumenta, diminuindo ainda mais a disponibilidade de água para as plantas (Richards, 1954). A salinidade retarda o crescimento das plantas por afetar o potencial osmótico, a troca iônica, síntese de proteínas, atividades enzimáticas e balanço hormonal (Chavan & Karadge, 1980).

Segundo Thomas & Wiegand (1970), em condições de solo salino, o componente osmótico predominou sobre o potencial matricial, sendo que o algodoeiro foi capaz de extrair água com potencial osmótico inferior a  $-1,4\text{MPa}$ .

As plantas tolerantes à salinidade realizam o ajuste osmótico e diminuem o potencial osmótico celular, mantendo a turgescência, exceto quando a salinização for muito elevada (Maas & Hoffman, 1980). Experimento têm demonstrado ajuste osmótico para as culturas de algodão (Thomas & Wiegand, 1970), arroz (Cutler et al., 1980), milho (Stark & Jarrel, 1980), entre outras.

De acordo com Kramer (1974) a diminuição da permeabilidade das raízes causada pela alta concentração salina gera uma maior resistência hidráulica; mesmo que os potenciais internos sejam menores que os externos, a taxa de

absorção de água pode ser insuficiente e ocasionar uma diminuição da pressão de turgor nas células das folhas.

Shalhevet & Hsiao (1986), afirmaram que a perda de turgescência nas folhas do algodoeiro, submetido a diferentes níveis de estresse salino, foi devido não somente ao menor ajuste osmótico, mas também devido a maior redução do potencial de água na folha.

A disponibilidade de água no solo é afetada à medida em que aumenta a concentração salina da solução do solo e seu potencial osmótico diminui, podendo atingir um nível em que as raízes das plantas não disponham de força de sucção suficiente para superar este potencial (Richards, 1954; Ayers & Westcot, 1991; Hoorn & Alphen, 1988).

O alongamento celular é particularmente sensível ao estresse osmótico, sendo o efeito sobre o crescimento do tecido mais acentuado com o déficit de água, o que foi observado em glicófitas relativamente tolerantes aos sais, do que pelo efeito específico de íons. As glicófitas sensíveis aos sais, como as leguminosas e frutíferas, têm inadequado controle sobre a absorção de íons quando expostas a meio salino (Lauchi & Epstein, 1984). Além disso, a salinidade afeta a forma, a taxa de crescimento e a espessura das folhas, que passam a possuir maior capacidade fotossintética por unidade de área foliar do que as plantas em condições não salinas (Terry & Waldron, 1984). Estes autores afirmam que plantas sob condições salinas comumente apresentam mais clorofila, centros de reações fotoquímicas e elétrons transportadores ( $P_{700}$  e citocromo f), proteínas solúveis e maior atividade de ribulose difosfato carboxilase, por unidade foliar, do que plantas em solos normais.

A ocorrência de uma quantidade excessiva de sais no solo acarreta um abaixamento no potencial hídrico do solo, causando, conseqüentemente, uma diminuição no gradiente de potencial hídrico entre o solo e as células das sementes. Isto provoca um decréscimo na quantidade de água absorvida pelas sementes, comprometendo, desta maneira, a sua germinação (Uhivits, 1946; Prisco & O'leary, 1970).

## **2.4. Tolerância à salinidade**

Nem todas as culturas respondem, igualmente, à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis em níveis altos de salinidade, e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos. Esta diferença deve-se à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de espécies mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo em nível desejado (Ayers & Westcot, 1991).

Brady & Buckman (1983), relatam que a capacidade dos vegetais superiores se desenvolverem satisfatoriamente em solo salino depende de um certo número de fatores relacionados entre si, tais como: constituição fisiológica da planta, seu estágio de crescimento e sistema radicular.

A tolerância à salinidade varia de cultura para cultura e, dentro de uma mesma espécie, de acordo com a cultivar e o ciclo fenológico, havendo casos em que as diferenças entre as cultivares são maiores do que espécies (Withers & Vipond, 1988).

As plantas tolerantes à salinidade são designadas como plantas halófitas e sua tolerância pode atingir até cerca de 15g/l de cloreto de sódio, equivalente à metade da concentração da água do mar. Essas plantas absorvem, por exemplo, o cloreto de sódio em altas taxas e o acumulam em suas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo (Lauchi & Epstein, 1984). Já as plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os sais na absorção da solução do solo mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico e sofrem com decréscimo de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico por osmose. O excesso de sais promove desbalanceamento e danos ao citoplasma resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir daí a planta perde por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões acúmulo do sal transportado do solo para a planta, e obviamente intensa toxidez de sais. Essa excessiva salinidade reduz o crescimento, e a taxa de transpiração e o desenvolvimento da planta.

Segundo Tanji & Hanson (1990), a maioria das plantas cultivadas são glicófitas, ou seja, não se adaptam às condições de estresse salino e/ou sódico. As halófitas podem sofrer problemas semelhantes quando expostas a concentrações mais elevadas de sais. A capacidade de crescimento e de realização da fotossíntese de determinadas culturas, na presença de níveis elevados de cloreto, pode ser atribuído à grande eficiência na utilização do cálcio por essas plantas. De maneira geral, as culturas tolerantes conseguem absorver grandes quantidades de sais e os isolam nos vacúolos, diminuindo o gradiente osmótico em relação ao solo, aumentando, conseqüentemente, sua capacidade de absorver água. No citoplasma a função de regulação osmótica é realizada, principalmente, pelos solutos sintetizados pela planta. Sob condições de estresse salino, grande quantidade de sais penetra através do tonoplasto e dificulta o transporte de compostos orgânicos, responsáveis pela regulação osmótica, do citoplasma para o vacúolo.

Para Fageria (1984, 1989), o mais importante mecanismo para regular o estresse osmótico talvez seja a absorção seletiva de íons, pois plantas tolerantes possuem a capacidade de retirar nutrientes essenciais da solução salina em que a concentração de íons não essenciais (tóxicos) é muito maior que a de íons essenciais.

As diferenças de tolerância das plantas em condições salinas justificaram a elaboração de escalas de tolerância salina. Em algumas referências o algodoeiro é classificado como uma cultura tolerante aos sais (U.S. SALINITY LABORATORY STAFF 1954; Maas & Hoffman, 1977; Bower & Fireman, 1957). Já Novikov apud Strogonov (1964) inclui o algodão entre as culturas halófitas facultativas.

Richards (1980) e Maas & Hoffman (1977) classificaram a cultura do algodoeiro como tolerante aos sais. Por outro lado, Diniz (1979), verificou que em condições salinas, cultivares de algodoeiro herbáceo se comportaram de maneira diferenciada, na fase de germinação e vigor. Ribeiro (1982) afirma que a salinidade do solo pode reduzir o crescimento do algodoeiro, a taxa fotossintética da cultura, devido ao fechamento dos estômatos e causar modificações na estrutura dos frutos e que a magnitude do efeito varia com o tipo de cultivar

utilizado, mostrando assim que a cultura do algodoeiro apresenta diferença intravarietal com relação à salinidade.

Medeiros (1996), trabalhando com algodoeiro, observou decréscimo tanto na altura de planta como na área foliar à medida em que aumentou os níveis de sais na água de irrigação. Acrescenta ainda, que esse aumento provocou também decréscimo no conteúdo de água na planta, que variou com o estágio de crescimento da cultura. Em geral o consumo de água pelas plantas decresce com o aumento na concentração dos sais na água de irrigação.

De acordo com Maas & Hoffman (1977), a máxima salinidade permissível no extrato saturado do solo para que não ocorra redução na produção de algodão é 7,7 dS/m a 25°C, quando somente a salinidade for o fator limitante.

Bhumbla et al. (1968) constataram em experimentos de campo com solos apresentando diferentes níveis de salinidade, que o algodoeiro pode ser classificado como cultura tolerante à salinidade.

Gausman et al. (1972), estudando os efeitos da salinidade no mesófilo da folha do algodoeiro através da adição de Na/Cl, em tratamentos com 0,0; - 3,0 e - 6,0 atm de potencial osmótico, constataram depósitos cristalinos nas células do mesófilo, de vacúolo, na parede celular e nos espaços intercelulares. Sendo constatado ainda que, em -6,0 atm de potencial osmótico, a necrose no mesófilo foi mais intensa do que nos outros níveis.

Segundo Silberbush & Ben-Asher (1987), o maior desequilíbrio causado pelo cloreto de sódio na absorção de nutrientes pelas raízes do algodoeiro, se deve à competição Na/K, com efeitos indiretos de inibição na absorção de  $\text{NO}_3^-$  e diminuição no crescimento do sistema radicular. Porém, Rocha Filho et al. (1979), estudando os efeitos do Na/Cl e do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , (níveis de sódio: 0, 4, 40, 400 e 4000 ppm) nas cultivares do algodoeiro arbóreo 9193 e C-71, observaram um aumento na produção de matéria seca, em ambas cultivares, quando foi usado 4 ppm de sódio; no entanto, nos níveis de 400 e 4000 ppm ocorreu um decréscimo da matéria seca.

As plantas podem ser adversamente afetadas pelo sódio trocável através de efeitos diretos, nos casos de espécies sensíveis, e de efeitos indiretos, pela deterioração da estrutura do solo devido ao sódio trocável e pelas deficiências nutricionais (Pearson, 1960). Este autor apresenta uma classificação de tolerância

das plantas em vários níveis de porcentagem de sódio trocável (PST), sendo o algodoeiro considerado tolerante, sobrevivendo a valores de PST entre 40 a 60, enquanto que plantas sensíveis são aquelas que não suportam uma PST maior que 20.

Longenecker (1974), estudando a influência do sódio sobre as características agrônômicas e propriedades da fibra, em duas cultivares de algodoeiro (Acala 15171 e Pima S-2), por um período de dois anos, observou que o sódio reduziu o crescimento, produção, número de frutos, peso de semente, comprimento de fibra, resistência, finura, além de apresentar frutos pouco desenvolvidos.

Algumas adaptações e/ou modificações morfológicas, tais como, aumento da espessura da parede celular e diminuição da proporção de vasos condutores, foram verificadas em raízes e folhas de algodoeiro cultivado em condições salinas, por Khalil et al. (1967); Silberbush & Ben-Asher (1987). Segundo Hoffman et al. (1971), essas mudanças morfológicas podem aumentar a tolerância à difusão dos sais através das raízes, podendo explicar as diferenças de sensibilidade entre espécies e/ou cultivares aos substratos salinos. Observações realizadas em várias culturas atestam diferenças de tolerância aos sais entre cultivares de milho (Kaddah & Ghowaill, 1964), sorgo (Taylor et al., 1975) e alfafa (Allen et al., 1985).

Os critérios de tolerância das plantas aos sais são fundamentados apenas com base no processo de germinação das sementes. Não adianta germinar, crescer, produzir mudas de qualidade e não haver produção economicamente viável. Em agronomia, a tolerância aos sais é considerada satisfatória quando as plantas submetidas a meios adversamente salinos não sofrem quedas drásticas na produtividade e na qualidade da produção obtida, sendo portanto, compatível com as exigências do mercado (Cordeiro, 1997).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### ***3.1. Localização do experimento***

O trabalho foi conduzido durante o período de maio a novembro de 1998, em condições de casa-de-vegetação sem controle de umidade relativa e temperatura, do Departamento de Engenharia Agrícola (DEAg), localizada no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Campina Grande-PB, cujas pelas coordenadas geográficas são latitude 7°15'18" sul e longitude 35°52'28" oeste e altitude de 550m.

#### ***3.2. Clima***

Segundo dados da Embrapa-Algodão, o município apresenta média anual de evaporação do tanque classe "A" é de 1417,4mm e a temperatura média do ar de 25°C, tendo como os meses mais quentes de novembro a fevereiro, e mais frios de junho a julho. A umidade relativa média do ar é de 78,7% e a velocidade do vento é de 3,9m/s. Segundo a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima é do tipo AS, ou seja, quente e úmido, com chuvas de outono-inverno, com período de estiagem de cinco meses.

### **3.3. Solo utilizado no ensaio**

O material do solo utilizado foi proveniente de Genipapo Cuités, distrito de Campina Grande-PB, podendo ser classificado de acordo com o Mapa de Solos da Paraíba, como um Regossolo de textura franco arenosa (JP-ENCO-TAHAL, 1995). Inicialmente o material do solo foi destorroado e homogeneizado, após ser passado em peneira de 2mm de malha, sendo em seguida, coletadas amostras do material e encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEag/UFPB), para serem submetidas às análises físicas e químicas. As determinações físicas constaram de: análise textural, determinada pelo método do hidrômetro (Day, 1965), densidades do solo e das partículas pelos métodos do psicrômetro e da proveta, descritos por Forsythe (1975) e EMBRAPA (1979), respectivamente. Para as análises químicas das amostras desse material, foram utilizadas as metodologias propostas por Richards (1954). As características físico-hídricas e químicas do solo, analisadas de acordo com as metodologias recomendadas estão apresentadas na Tabela 1.

### **3.4. Unidade Experimental**

A unidade experimental foi representada por um vaso plástico com capacidade de aproximadamente 20kg do material do solo, com furos na sua parte inferior, para facilitar a drenagem e lixiviação. A base inferior de cada vaso foi acoplada sobre um outro recipiente, para coleta da água drenada.

### **3.5. Genótipos de Algodoeiro**

Foram utilizados seis genótipos de algodoeiro, as cultivares CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA 7H, Embrapa 113-Algodão.7MH e Embrapa 112-Algodão.6M e a linhagem CNPA Acala 93/15.

As sementes dos genótipos foram provenientes da Embrapa Algodão, Campina Grande - PB, as quais foram submetidas previamente ao deslincamento químico com ácido sulfúrico concentrado e lavadas posteriormente com água

TABELA 1: Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.

Características do solo	Unidade	Valor
Areia	%	64,42
Silte	%	18,09
Argila	%	17,49
Classificação textural	-	franco arenoso
Densidade do solo	g/cm <sup>3</sup>	1,54
Densidade das partículas	g/cm <sup>3</sup>	2,73
Porosidade	%	43,59
Capacidade de campo (0,33 atm)	%	8,48
Ponto de murcha (15,00 atm)	%	2,40
Matéria orgânica	%	2,08
pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)	-	5,92
Fósforo assimilável	mg/100g	0,53
<b>ANÁLISE DO EXT. DE SATURAÇÃO</b>		
Condutividade elétrica	dS/m	5,66
Cloreto	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	51,00
Carbonato	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	0,00
Bicarbonato	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	0,80
Sulfato	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	Pres.
Cálcio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	12,00
Magnésio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	15,50
Potássio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	0,38
Sódio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	33,96
Relação de Adsorção de Sódio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-0,5</sup>	9,15
<b>CÁTIONS TROCÁVEIS</b>		
Cálcio	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	8,18
Magnésio	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	2,56
Sódio	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	2,06
Potássio	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,16
Hidrogênio	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	1,58
Alumínio	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,00
Porcentagem de Sódio Trocável	%	14,16

corrente, eliminando-se as deterioradas, conforme metodologia descrita por Godoy (1975), com o objetivo de favorecer a germinação. Em seguida, foi feita a desinfecção das sementes e do solo, com fungicida Belomyl, na proporção de 2g por 1kg de sementes e 1g por um litro de água (500mL da solução por vaso), respectivamente.

#### Descrição dos Genótipos:

##### CNPA Precoce 1

A cultivar CNPA Precoce 1, é resultado da aclimação, às condições do Nordeste brasileiro, da linhagem GH 11-9-75, derivada de TAMCOT SP - 37, procedente do Texas, Estados Unidos da América do Norte. Fases fenológicas: 45 a 55 dias para a emissão da primeira flor, 80 dias para o aparecimento do primeiro capulho, completando o ciclo, do plantio à colheita, nas condições do Nordeste, entre 100 e 110 dias. O seu rendimento é superior a 1000kg/ha, de algodão em caroço, em condições de sequeiro (EMBRAPA, 1993).

##### CNPA Precoce 2

A cultivar CNPA Precoce 2, é originária do cruzamento realizado em 1985 no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão entre os materiais C-25-6-79 e PNH3, ambos introduzidos dos Estados Unidos da América do Norte e com características de precocidade, resultado da aclimação, às condições do Nordeste brasileiro. Dos ensaios avaliados até o momento vê-se que ela tem potencial produtivo semelhante ao da CNPA Precoce 1, com exceção da percentagem de fibra que é superior e de maturidade menor (EMBRAPA, 1994).

##### CNPA 7H

A cultivar CNPA 7H, é resultado do cruzamento intervarietal da TAMCOT SP - 37 x IAC 17, realizado no município de Campina Grande - PB, em 1985.

Fases fenológicas: 52 dias em média para a emissão da primeira flor, 90 dias para o aparecimento do primeiro capulho, completando o ciclo, do plantio à colheita, nas condições do Nordeste, entre 120 e 130 dias. O seu rendimento é superior a 1759kg/ha, de algodão em caroço, em condições de sequeiro (EMBRAPA, 1993).

#### CNPA Acala 93/15

A linhagem CNPA Acala 93/15 é resultado da seleção genealógica da variedade Acala Del Cerro, material de fibra longa, condições especiais de plantio irrigado, utilizada na produção de fios finos.

#### EMBRAPA 113-Algodão.7MH

A cultivar EMBRAPA 113-Algodão.7MH é derivada da linhagem CNPA 91-194, oriunda de cruzamento entre algodoeiro mocó e herbáceo. Para obtenção da linhagem foi utilizado o método de seleção genealógica com autofecundação nos dois primeiros anos e condição sob polinização livre nos demais anos de utilização do método. A linhagem teve suas sementes aumentadas em lote isolado onde foi praticada Seleção Massal para padronização das plantas. Por ser uma cultivar derivada de hibridação entre mocó e o herbáceo, apresenta características intermediárias entre ambos, reunindo a produtividade e precocidade do algodoeiro herbáceo com as características de fibra, resistência à seca e longevidade do algodoeiro mocó. Principais características: ocorre em média 46 dias para a emissão da primeira flor, 91 dias para o aparecimento do primeiro capulho, completando o ciclo, do plantio à colheita, nas condições do Nordeste, entre 132 e 154 dias. O seu rendimento é superior a 1393kg/ha, de algodão em caroço, em condições de sequeiro (EMBRAPA, 1993).

#### EMBRAPA 112-Algodão.6M

A cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M, foi obtida a partir da cultivar mocó CNPA 5M, após quatro ciclos de seleção para alto teor de amido na raiz e dois ciclos de seleção recorrente fenotípica, com pressão de seleção para

características de fibra e sementes nuas. Fases fenológicas: ocorre em média 55 dias para a emissão da primeira flor, 109 dias para o aparecimento do primeiro capulho, completando o ciclo, do plantio à colheita, nas condições do Nordeste, entre 132 e 154 dias. O seu rendimento é superior a 531kg/ha, de algodão em caroço, em condições de sequeiro, respectivamente (EMBRAPA, 1993).

### **3.6. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial (6 x 5), constituído por seis genótipos de algodoeiro e cinco níveis de salinidade, totalizando 30 tratamentos com 3 repetições. Os fatores estudados foram:

#### Genótipos (G)

- G1 - CNPA Precoce 1;
- G2 - CNPA Precoce 2;
- G3 - CNPA 7H;
- G4 - CNPA Acala 93/15;
- G5 - EMBRAPA 113-Algodão.7MH;
- G6 - EMBRAPA 112-Algodão.6M.

#### Níveis de Salinidade (N)

- N1 - 2,0 dS.m<sup>-1</sup>;
- N2 - 4,0 dS.m<sup>-1</sup>;
- N3 - 6,0 dS.m<sup>-1</sup>;
- N4 - 8,0 dS.m<sup>-1</sup>;
- N5 - 10,0 dS.m<sup>-1</sup>;

### **3.7. Instalação do experimento**

Para evitar acúmulo de água e para facilitar a lixiviação, colocou-se uma camada de 3cm de cascalhinho ( $\pm$  1,5cm de diâmetro) na parte inferior dos vasos, preenchidos em seguida, com o material do solo. O somatório do vaso + brita (2,30kg) e material do solo (18,90kg) totalizou 21,20kg por vaso. Eles foram enumerados e distribuídos aleatoriamente sobre balcões de alvenaria.

Após a adubação de fundação, todos os vasos foram saturados com água destilada, após três dias efetuou-se a semeadura, no dia cinco de maio de 1998, utilizando-se dez sementes por vaso, a uma profundidade de 2cm.

Quinzenalmente, foi feito deslocamento de todos os vasos, até o final do experimento, diminuindo-se os efeitos da variação ambiental no experimento, principalmente insolação.

As adubações foram realizadas em função das exigências nutricionais da cultura e teve como base dados contidos em Nunes Filho (1993) e Pereira et al. (1997), aumentando as doses de NPK, por ser um trabalho conduzido em vasos com volume limitado de solo, cuidando-se para suprir o solo de níveis adequados de nutrientes, principalmente fósforo, prevenindo-se a queda de flores e frutos.

A adubação pré-plantio (fundação) constou 47,25g de superfosfato simples/18900g de solo, incorporando-o ao solo a uma profundidade de 10cm.

As adubações de cobertura foram realizadas a intervalos mensais, cinco dias antes da lixiviação, utilizando-se 60g de uréia, 246,4g de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  e 174,3g de  $K_2O$ , aplicado-se ao solo 250ml dessa solução por vaso.

As adubações foliares foram iniciadas vinte e cinco dias após o plantio, e em seguida realizada com intervalo de dois dias até a fase de frutificação, visando suprir possíveis deficiências, utilizando-se 1,8g/L do produto industrializado "Hydro Albatros Foliar" constituindo de 7% de nitrogênio, 17% de fósforo, 35% de potássio, 3% de magnésio, e 0,02% de boro, 0,10% de cálcio, 0,02% de cobre, 0,15% de ferro, 0,10% de manganês, 0,005% de molibdênio e 0,02% de zinco.

### **3.8. Manejo das irrigações**

Antes do plantio, fez-se uma irrigação uniforme para todos os vasos, saturado com água destilada, objetivando deixar a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Após aplicação da água, os recipientes foram cobertos com plásticos e deixado em repouso por três dias, para drenagem do excesso de água e uniformidade da umidade, fazendo-se o plantio logo em seguida. As irrigações foram realizadas diariamente, de acordo com a água evapotranspirada de cada vaso, determinada através de pesagens, elevando-se o teor de água disponível a 90%. Como o algodoeiro é susceptível na fase germinativa e primeiro estágio de desenvolvimento (estabelecimento), aos 25 dias após o plantio, e a finalidade do presente trabalho foi avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação, na fase de crescimento vegetativo e produção, utilizou-se nesta fase água destilada, a partir de então, iniciou-se a aplicação da solução salina, quando a maioria das plantas já tinha emitido aproximadamente sete folhas. A irrigação foi suspensa quando 50% dos capulhos estavam abertos.

As águas de irrigação foram obtidas a partir da adição em água destilada, de NaCl (cloreto de sódio) e  $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (cloreto de cálcio hidratado) na proporção de 7:3, em termos equivalentes, conforme composição média de águas utilizadas na irrigação de pequenas propriedades do Nordeste (Medeiros, 1992). Os níveis de condutividade desejadas foram controlados através de condutivímetro.

Para evitar o acúmulo de sais no solo, fez-se mensalmente uma lavagem de sais, lixiviação, utilizando os níveis de salinidade da água de irrigação correspondente a cada tratamento. Para a sua realização, elevou-se a umidade de cada vaso, até atingir-se a capacidade de campo, fazendo-se logo em seguida a lixiviação do solo, somando-se todas as lâminas aplicadas no período, e dividindo a soma por 0,80, a fim de se ter uma lâmina de lixiviação que ultrapassasse 20% da capacidade de campo. Foi coletado o volume percolado e analisada a condutividade elétrica, de acordo com a metodologia de Richards (1954).

Com o crescimento das plantas, foi necessário se fazer correção no cálculo dos volumes das soluções adicionadas. Isto se deu após a lixiviação realizada mensalmente, através do peso dos vasos, após 24 horas da drenagem,

considerando o valor dessa pesagem como capacidade de campo e procedendo novos cálculos do volume a ser aplicado após aquela data.

### **3.9. *Tratos culturais***

O desbaste foi realizado três dias após a emergência das plantas, deixando-se cinco plântulas por vaso, de tamanho uniforme e bem distribuídas no recipiente, aos oito dias foram deixadas duas plantas e aos vinte e três, uma planta por vaso. Durante o decorrer do experimento, a cultura foi mantida livre da ocorrência de ervas daninhas, eliminando-se manualmente as que eventualmente apareciam. Para o controle de eventuais pragas, empregou-se o inseticida sistêmico do grupo das nitroguanidinas (Confidor 700 GrDA), na dosagem de 3g/10L de água.

### **3.10. *Variáveis estudadas***

O experimento foi avaliado no final da colheita, quando não havia mais frutos a abrir na maioria dos genótipos.

#### **3.10.1. Variáveis de Crescimento**

##### **- Altura de plantas**

Os dados de altura de planta foram tomados no final do experimento, medindo-se a distância vertical, em centímetro, entre o nível do solo, colo da planta, e a extremidade do broto terminal da haste principal.

##### **- Número de folhas e ramos**

Para observar o desempenho dos tratamentos quanto ao seu aspecto vegetativo, contou-se o número total de folhas contidas no pé e ramos de cada planta na abertura do terceiro capulho, a fim de se evitar os períodos em que ocorre queda de folhas.

### - Área foliar

A área foliar por planta foi determinada no mesmo período de observação do número de folhas e ramos. Utilizando-se de metodologia da Embrapa Algodão (Ashley et al., 1963).

### - Fitomassa

Para que não houvesse perda de dados, devido principalmente à senescência e abscisão de folhas, diariamente eram coletadas, em cada planta as partes (flores, maçãs, capulhos e folhas) que caíam, e colocadas individualmente em sacos de papel enumeradas de acordo com o tratamento. No final do experimento, houve coleta das plantas, com separação de raízes, caule, folhas, flores, maçãs e capulhos, juntando-se com as partes que haviam caído. Após a separação, para obtenção do peso da matéria seca, foram levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65° C, durante 72 horas. O somatório do peso seco dos diversos órgãos correspondeu à produção total de biomassa.

As raízes foram coletadas mediante a lavagem do solo com um jato d'água em peneira de 2mm de malha. Antes de cada pesagem, as raízes foram cuidadosamente separadas do solo, lavadas e secas à sombra e, logo após, colocadas em estufas a 65°C, durante 72 horas, para obtenção do peso da matéria seca.

#### 3.10.2. Variáveis de Produção

As variáveis de produção, representadas por número e peso de capulho, peso do algodão em caroço, peso de 100 sementes, percentagem de fibra e peso de pluma foram analisados de acordo com metodologia da Embrapa Algodão. Os capulhos foram colhidos separadamente em cada planta, à medida que os frutos iam se abrindo.

### 3.10.3. Análise do Solo e da Água

Foram determinados os valores de condutividade elétrica das águas drenadas, por tratamento, após a lixiviação mensal. Ao final do experimento houve coleta da amostra do material do solo de cada vaso para análise química de acordo com as metodologias descritas por Richards (1954) e EMBRAPA (1979).

### 3.10.4. Ciclo Fenológico

A partir da época em que foram colhidas as plantas de cada tratamento, foi possível se obter os dados de duração do ciclo dos genótipos, em função do nível de salinidade da água de irrigação (Figura 1).

## **3.11. *Análise estatística***

Os dados dos diferentes níveis de salinidade na água de irrigação sobre as cultivares de algodoeiro foram submetidos à análise da variância, em que a soma de quadrado dos efeitos quantitativos foram desdobrados em componentes lineares, quadráticos, cúbicos e desvios de regressão, através de regressão polinomial, segundo sua significância pelo teste F. O critério para escolha da equação de regressão foi o modelo de maior grau significativo de comportamento biológico justificável, com desvio da regressão não significativo pelo teste F (Steel & Torrie, 1980). As médias correspondentes aos efeitos não quantitativos foram comparadas pelo teste de Tukey aos níveis de 1 e 5% de probabilidade (Gomes, 1985).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. *Estudo do solo e da água*

#### 4.1.1. Características Químicas do Solo

Os resultados da análise do solo (Tabela 2), submetido às diferentes condições de estresse salino, estão comparados com as características químicas do solo original (Tabela 1). Verifica-se que não houve influência dos tratamentos sobre o pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5), observando-se apenas um pequeno decréscimo do pH, à medida em que se aumentaram os níveis de sais da água de irrigação, fato também observado por Santos & Muraoka (1997). Enquanto UFC (1993) relata que nos sais tipo cloreto e sulfato (considerados neutros) a elevação do pH não chega a tanto. Observa-se ainda que o pH deste experimento está na faixa de 5,33 a 6,36 embora, segundo Ayers & Westcot (1991), o pH ideal para a cultura do algodão seja entre 5,5 a 6,5.

Quanto ao CEes (Tabela 2), observa-se um aumento gradual conforme os níveis de salinidade da água utilizada na irrigação. É interessante destacar que foram encontrados valores elevados de CE do extrato de saturação em todos os tratamentos, principalmente no final do experimento, inclusive nos tratamentos irrigados com água sem restrições para a agricultura, como a de 2dS/m, diferindo

TABELA 2: Resultados do pH, da CE do extrato de saturação do solo e da água percolada e volume de água utilizado nas irrigações, por tratamento.

G	N	pH H <sub>2</sub> O <sup>1</sup>	CE <sub>es</sub> <sup>2</sup>	CE <sub>p</sub> <sup>3</sup>	Vol. H <sub>2</sub> O <sup>4</sup> consum.	PST <sup>5</sup>
Trat.	-	dS/m	dS/m	L	%	
G1	N1	6,36	6,75	11,73	24,78	10,78
G1	N2	5,94	14,80	17,40	20,62	21,02
G1	N3	5,33	14,80	18,00	18,10	21,03
G1	N4	5,38	17,80	24,80	14,18	23,69
G1	N5	5,69	19,97	30,50	10,96	25,35
G2	N1	5,96	10,80	12,22	27,70	14,86
G2	N2	5,72	12,90	16,40	23,14	15,60
G2	N3	5,72	18,67	31,20	19,22	16,23
G2	N4	5,42	20,30	33,80	15,86	17,38
G2	N5	5,66	22,30	34,50	13,07	21,89
G3	N1	5,66	8,87	8,90	27,01	11,68
G3	N2	5,88	13,33	15,90	22,38	12,67
G3	N3	5,60	16,10	17,70	17,87	18,79
G3	N4	5,51	17,53	30,70	12,76	19,38
G3	N5	5,24	20,00	34,60	12,39	19,25
G4	N1	5,62	7,97	8,57	23,78	11,78
G4	N2	5,79	12,63	15,00	19,55	16,58
G4	N3	5,45	12,90	20,20	17,23	17,21
G4	N4	5,34	15,87	21,50	15,04	19,67
G4	N5	5,40	17,20	29,90	12,91	19,48
G5	N1	6,12	7,40	7,70	24,89	9,43
G5	N2	5,65	12,60	14,20	19,11	14,19
G5	N3	5,35	16,67	16,70	15,62	15,04
G5	N4	5,58	18,60	31,10	13,23	18,75
G5	N5	5,39	18,67	31,70	12,48	20,71
G6	N1	6,03	11,27	13,83	30,27	13,24
G6	N2	5,61	18,60	20,70	23,13	14,76
G6	N3	5,72	20,30	21,40	19,95	17,47
G6	N4	5,59	23,00	26,20	15,73	19,90
G6	N5	5,39	26,53	31,90	12,18	20,62

<sup>1</sup> pH em água (1:2,5) da pasta de saturação no final do experimento

<sup>2</sup> Condutividade elétrica do extrato de saturação no final do experimento

<sup>3</sup> Condutividade elétrica da água drenada em dS/m a 25°C, sendo a coleta realizada aproximadamente aos sessenta dias antes do final do experimento

<sup>4</sup> Água consumida em três etapas, entre a última lixiviação e a coleta final do experimento (sessenta dias após a lixiviação)

<sup>5</sup> PST - percentagem de sódio trocável

das conclusões de Ayers & Westcot (apud Marinho, 1996). Estes afirmam ser 1,5 a relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação e a condutividade elétrica da água de irrigação aplicada, para uma fração de lixiviação de 15%. O fato que houve um aumento significativo na CEes leva a acreditar que os níveis de adubação utilizados e normalmente requeridos pela cultura, ocasionaram acréscimos na salinidade do solo. Vale salientar, ainda, que na última avaliação, as amostras de solo foram coletadas aproximadamente aos 60 dias após ser feita a última lixiviação. Nesse período houve acumulação de sais, o que pode, em parte, explicar os altos valores de CEes encontrados nos tratamentos. De acordo com Maas & Hoffman (1977), a máxima salinidade permissível no extrato de saturação do solo para que não ocorra redução na produção do algodoeiro é de 7,7 dS/m a 25°C, quando somente a salinidade for fator limite.

Verifica-se também que o aumento da salinidade na água de irrigação proporcionou elevação na CE da água drenada. Este fato também impossibilita a comparação com os estudos de Ayers & Westcot (apud Marinho, 1996), segundo os quais, após sucessivas irrigações, a condutividade elétrica da água drenada é igual a condutividade elétrica da água de irrigação, dividida pela fração de lixiviação (20%).

Os resultados na Tabela 2 ainda permitiram acrescentar que o aumento da salinidade na água de irrigação acarreta decréscimos nos volumes utilizados nas irrigações, provavelmente devido à redução nos processos de absorção e transpiração das plantas, que variou com os genótipos utilizados. Segundo Richards (1954), Ayers & Westcot (1991), Hoorn & Alphen (1988) e Santos & Muraoka (1997), vários experimentos têm demonstrado a estreita relação entre a salinidade e a inibição da absorção de água pelas plantas. A disponibilidade de água no solo é afetada à medida em que aumenta a concentração salina da solução do solo e seu potencial osmótico diminuiu, podendo atingir um nível em que as raízes das plantas não disponham de força de sucção suficiente para superar este potencial. Ou seja, a energia necessária para a planta absorver água de uma solução do solo salino é adicional à energia requerida para absorver água de uma solução do solo sem sais. Estes autores afirmam ainda que o principal efeito dos sais é o osmótico.

Medeiros (1996) e Arruda (1999), trabalhando com algodoeiro, relatam que o consumo de água pelas plantas reduz com o aumento da salinidade na água de irrigação utilizada na cultura. Segundo este último autor, a redução ocorre com maior velocidade até uma salinidade em torno de  $10 \text{ dS.m}^{-1}$ . A partir deste nível, a redução do consumo de água é menor, embora continue com a mesma tendência, ou seja, diminui com o aumento da CE. Contudo, neste experimento isto ocorreu principalmente para a cultivar EMBRAPA 112.6M, verificando uma redução de 23,59% da água consumida já no nível de  $4 \text{ dS/m}$  em relação ao nível de  $2 \text{ dS/m}$ , na última avaliação.

Quanto ao percentual de sódio trocável, observa-se um acréscimo da PST, com o aumento do nível de salinidade da água de irrigação. Segundo Maas & Hoffman (1977), o algodão sobrevive a PST de 40 a 60. Neste experimento a PST variou de 9,43 a 25,35% em relação a 2 (N1) e  $10 \text{ ds/m}$  (N5), respectivamente, devido provavelmente aos altos teores de sódio ( $1,17 \text{ g/l}$  e  $5,84 \text{ g/l}$ ) utilizados nestas condutividades da água de irrigação.

#### 4.2. Ciclo fenológico

A partir da época em que foram colhidas as plantas de cada tratamento, foi possível se obter os dados de duração do ciclo dos genótipos, em função do nível de salinidade da água de irrigação (Figura 1).

Entre os genótipos, o mais precoce foi o EMBRAPA 113-Algodão.7MH (G5), com aproximadamente 157 dias, sendo mais tardio o EMBRAPA 112-Algodão.6M (G6), com 184 dias. Segundo EMBRAPA (1993), o ciclo completo deste último genótipo, do plantio à colheita nas condições do Nordeste, é entre 132 e 154 dias, em condições de campo. No entanto, nas condições de casa de vegetação, em que foi conduzido este trabalho, a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M teve grandes mudanças no ciclo fenológico, inclusive sem produzir satisfatoriamente. Essa cultivar tem como um de seus ancestrais um material genético arbóreo, cultivar CNPA 5M, (*Gossypium hirsutum* L. raça *Marie galante* Hutch)), não se adaptando às condições em que foi desenvolvida a pesquisa.

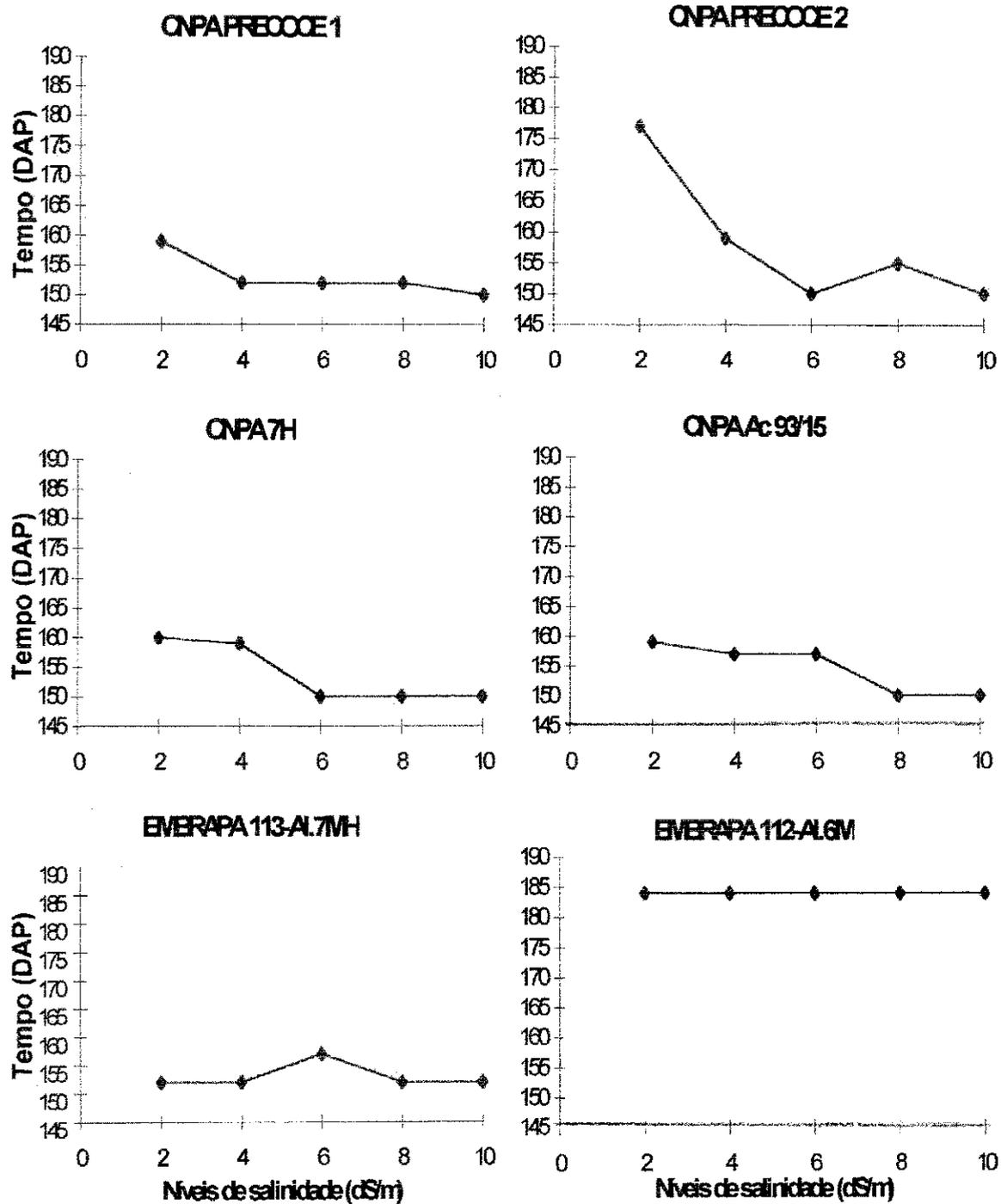


FIGURA 1: Número médio de dias transcorrido entre o plantio e a colheita das plantas dos diversos genótipos, segundo os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

Com exceção dos genótipos G5 e G6, verifica-se que o aumento da concentração salina provocou uma redução progressiva no ciclo das plantas, ou seja, resultou em precocidade na colheita dos genótipos, à medida em que aumentavam os níveis de salinidade, principalmente para a CNPA Precoce 2 (G2); com esta cultivar, houve a maior redução de tempo para a colheita final das plantas irrigadas com água a 10dS/m, cerca de 22 dias antes das que receberam irrigação com 2 dS/m. A cultivar CNPA Precoce 1 foi afetada no ciclo já a partir de 4 dS/m, enquanto a CNPA Acala 93/15 teve maior redução do ciclo a partir de 8 dS/m, fato também constatado por Arruda (1999), que observaram maturação precoce na cultura do algodoeiro, quando foi cultivado em solo afetado por sais. Segundo este autor esta antecipação pode estar associada a um mecanismo de defesa da planta para resistir ao estresse salino, sem que este interfira na quantidade e/ou qualidade dos órgãos reprodutivos.

Finalmente, nota-se que, com exceção de G6, em geral, os outros genótipos tiveram o ciclo reduzido para um período máximo de aproximadamente 150 dias nos tratamentos de CE mais altos. Observa-se que embora a salinidade tenha contribuído para a redução do ciclo, na maioria dos casos o seu comprimento ainda ficou maior do que o ciclo normal dos materiais genéticos em condições de campo. Este alongamento se deve provavelmente às condições ótimas em que foram submetidas as plantas, ou seja, mesmo com estresse salino, as plantas tinham condições ótimas de luz, nutrientes e água, contribuindo no comportamento das plantas, induzindo desta forma no alongamento do ciclo.

### **4.3. Característica de crescimento**

#### **4.3.1. Altura de Plantas (cm)**

Os dados de altura média de plantas obtidos no final do experimento foram analisados estatisticamente, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 3. Observa-se que houve efeito significativo dos fatores "genótipos" e "níveis de salinidade" considerados isoladamente, sem efeito interativo ( $p > 0,05$ ), isto é, o efeito dos níveis de salinidade sobre a altura das plantas não dependeu dos genótipos utilizados no estudo. Pela comparação das médias através do teste de

TABELA 3. Resumo da análise de variância das variáveis relacionadas ao crescimento de cultivares e linhagem do algodoeiro avaliado no final do experimento, segundo as fontes de variação.

F.V.	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		Alt.Planta (cm)	F.Caule (g)	N Ramos	F.Ramos (g)	N Folhas	F.Folhas (g)	Área Foliar	F.Raiz (g)
Genótipos (G)	5	3612,15**	838,11**	25,89**	319,88**	5956,54**	25,13**	10428366,72**	513,45**
Níveis (N)	4	5189,35**	899,41**	37,82**	798,08**	12264,42**	657,28**	24088381,53**	1363,70**
G x N	20	76,23NS	52,89**	15,81**	38,41**	238,79**	6,26NS	988291,42**	25,84*
G/N1	5	972,72**	366,30**	30,49**	286,96**	2113,93**	26,31**	8834996,25**	229,89**
G/N2	5	1103,66**	441,07**	13,17**	114,90**	2036,00**	11,04*	1285524,81**	89,70**
G/N3	5	647,39**	73,35**	10,86**	25,64**	1608,86**	5,88NS	1369797,69**	106,53**
G/N4	5	701,16**	103,35**	26,09**	44,37**	918,93**	3,70NS	1421969,63**	125,37**
G/N5	5	492,13**	65,58**	8,53**	1,66NS	233,97**	3,25NS	1469244,03**	65,72**
N/G1	4	2667,68**	97,50**	18,00**	67,66**	1962,15**	109,77**	6137017,00**	174,20**
.Linear	1	2546,57**	381,88**	58,80**	250,28**	7808,53**	395,16**	2378943,00**	591,52**
.Quadrático	1	10,10NS	1,33NS	11,52NS	14,97NS	0,86NS	30,12*	1491,20NS	61,63*
.Cúbico	1	17,94NS	4,34NS	1,20NS	4,13NS	31,01NS	12,77NS	756100,80NS	43,53NS
.Desv.regressão	1	93,07NS	2,44NS	0,48NS	1,24NS	8,20NS	1,12NS	1050,41NS	0,14NS
N/G2	4	4619,90**	304,94**	10,57*	191,13**	1673,40**	147,44**	5664083**	330,92**
.Linear	1	4575,68**	1192,59**	14,70*	594,24**	5796,30**	547,00**	1858746**	1122,87**
.Quadrático	1	30,01NS	23,38NS	2,88NS	125,71**	32,60NS	31,31*	3008477**	188,17**
.Cúbico	1	0,75NS	2,86NS	10,80NS	38,98*	811,20**	10,38NS	965909,8NS	12,44NS
.Desv.regressão	1	14,15NS	0,91NS	13,89*	5,59NS	53,50NS	1,07NS	94483,21NS	0,18NS
N/G3	4	2654,62**	61,06**	2,07NS	98,06**	1862,73**	110,53**	8024061**	448,56**
.Linear	1	2376,30**	216,38**	2,70NS	314,91**	6630,53**	432,53**	3124028**	1739,10**
.Quadrático	1	28,50NS	14,06NS	0,21NS	38,14*	688,10**	3,21NS	516900,7NS	52,55*
.Cúbico	1	249,41NS	13,76NS	2,13NS	35,44*	132,30NS	4,39NS	184127,2NS	1,95NS
.Desv.regressão	1	0,41NS	0,27NS	3,22NS	3,76NS	0,48NS	2,00NS	154933,4NS	0,64NS

TABELA 3. continuação

<b>N/G4</b>	4	3439,93**	125,05**	2,27NS	41,18**	956,83**	84,38**	3318347**	122,11**
.Linear	1	3307,50**	362,75**	0,33NS	123,82**	3542,53**	323,78**	1176356**	391,37**
.Quadrático	1	77,36NS	57,64**	5,36NS	28,30*	152,38NS	8,22NS	426079,7NS	86,22*
.Cúbico	1	46,88NS	79,19**	2,13NS	9,13NS	132,30NS	0,72NS	1081473*	8,20NS
.Desv.regressão	1	8,20NS	0,64NS	1,54NS	3,45NS	0,12NS	4,81NS	2278,07NS	2,66NS
<b>N/G5</b>	4	3246,07**	54,02**	42,83**	79,45**	2425,33**	65,10**	3066351**	123,25**
.Linear	1	2990,01**	178,30**	120,00**	266,87**	9684,03**	256,67**	1169592**	478,43**
.Quadrático	1	176,10NS	10,50NS	0,38NS	47,81**	0,60NS	2,10NS	8317,05NS	13,25NS
.Cúbico	1	70,53NS	26,75NS	3,33NS	2,43NS	4,80NS	1,29NS	62902,70NS	1,26NS
.Desv.regressão	1	9,43NS	0,54NS	47,62**	0,70NS	11,90NS	0,33NS	498260,4NS	0,48NS
<b>N/G6</b>	4	5653,73**	521,41**	16,23**	512,67**	4577,90**	171,37**	2819796**	292,92**
.Linear	1	5306,70**	1708,78**	38,53**	1817,16**	18105,63**	673,01**	5284745**	969,25**
.Quadrático	1	1,17NS	57,40**	0,86NS	121,87**	36,21NS	6,29NS	4056152**	70,28*
.Cúbico	1	0,83NS	29,29*	4,80NS	82,18**	168,03NS	6,09NS	1590300*	131,39**
.Desv.regressão	1	345,86*	290,15**	20,74*	29,48*	1,72NS	0,96NS	347985,9NS	0,75NS
<b>Resíduo</b>	60	72,37	7,00	3,28	6,39	56,31	4,46	263980,9	13,05
<b>CV%</b>		8,84	11,04	10,09	19,36	9,78	10,00	13,59	14,92

NS - Não Significativo ( $p > 0,05$ );\*\* - Significativo ( $p < 0,01$ );\* - Significativo ( $p < 0,05$ ).

TABELA 4. Altura média de plantas (cm) no final do experimento dos genótipos em função dos níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	97,17 b	80,83 b	79,33 b	65,50 c	58,77 c
G2 - CNPA Precoce 2	141,17a	124,83a	114,33a	100,33a	91,67a
G3 - CNPA 7H	106,00 b	105,00a	94,60ab	78,67 bc	76,17abc
G4 - CNPA Ac 93/15	130,33a	113,00a	101,67a	97,00ab	85,83a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	106,00 b	86,33 b	75,25 b	72,50 c	63,00 bc
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	132,67a	126,33a	100,33a	99,67a	79,50ab

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de sal) = 20,43

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 5 Redução relativa (%)\* da variável altura do caule de cultivares e linhagem do algodoeiro, comparando-se os tratamentos com o nível de 2 dS/m de salinidade.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	16,82	18,36	32,59	39,52
G2 - CNPA Precoce 2	11,57	19,01	28,93	35,06
G3 - CNPA 7H	0,94	10,75	25,78	28,14
G4 - CNPA Ac 93/15	13,30	21,99	25,57	34,14
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	18,56	29,01	31,60	40,57
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	4,78	24,38	24,87	40,08

\* Em relação ao nível de 2dS/m

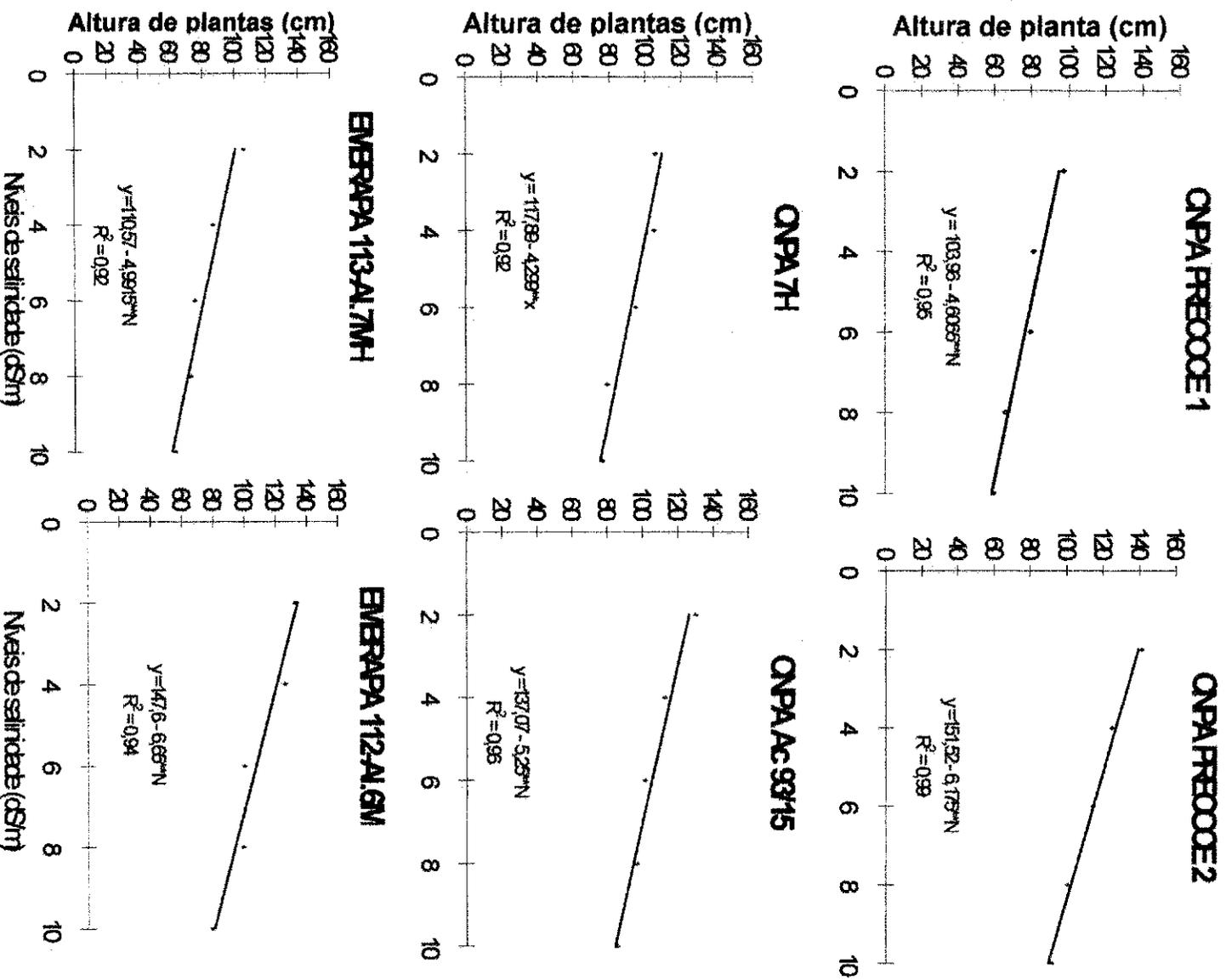


FIGURA 2: Efeito dos níveis de salinidade na altura de planta dos genótipos estudados.

Tukey ( $p < 0,01$ ), encontradas na Tabela 4, verifica-se que a altura média de planta das cultivares CNPA Precoce 2, EMBRAPA 112-Algodão.6M e da linhagem CNPA Acala 93/15, foi estatisticamente superior à das demais, embora sem diferenças entre si. No entanto, as cultivares CNPA Precoce 1 e EMBRAPA 113-Algodão. 7MH foram as de menor altura média. É interessante ressaltar que o comportamento em altura apresentado por genótipos é um fator genético de cada cultivar (Araújo Filho, 1991).

De acordo com a Figura 2, constata-se que os dados de altura de plantas de todos os genótipos, quando submetidos à análise de regressão, tiveram um comportamento linear negativo, ou seja, diminuíram os valores à medida que aumentou a concentração salina, principalmente para as cultivares EMBRAPA 112-Algodão.6M e CNPA Precoce 2. Este fato pode estar relacionado ao efeito osmótico nas plantas, com o aumento dos tratamentos salinos.

Conforme citações de Gale (1975), o efeito mais comum da salinidade sobre as plantas, de maneira geral, é a limitação do crescimento, devido ao aumento da pressão osmótica do meio e conseqüente, redução da disponibilidade de água consumida (Tabela 2), afetando a divisão e o alongamento das células. No entanto, experimentos têm demonstrado ajuste osmótico para as culturas como o algodoeiro (Thomas & Wiegand, 1970).

Na literatura são também encontradas referências à redução na altura de plantas devido aos efeitos negativos ocasionados pelo aumento da salinidade, em Kaddah & Ghowall (1964) na cultura do milho, em Taylor et al. (1975) no sorgo, Chabra et al. (1979) no girassol, François et al. (1986) no trigo, Araújo Filho (1991) em cultivares de bananeira e em Trajano (1992) em cultivares de milho e de feijão Phaseolus e Vigna.

#### 4.3.2. Fitomassa Caulinar

Os dados da análise de variância da fitomassa caulinar no final do ciclo encontram-se na Tabela 3. Verifica-se efeito significativo para os fatores Genótipos (G), Níveis de sais (N), bem como para a interação G x N, indicando que nesta variável as cultivares/linhagem comportaram-se de maneira diferente dentro dos níveis de sais.

TABELA 6. Fitomassa caulinar (g/planta), no final do experimento de cultivares e linhagem do algodoeiro submetidos ao estresse salino.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1 2	N2 4	N3 6	N4 8	N5 10
G1 - CNPA Precoce1	25,18 c	19,40 cd	17,49 cd	13,79 c	10,15 c
G2 - CNPA Precoce 2	44,34a	35,20 b	28,11a	23,82ab	18,50a
G3 - CNPA 7H	28,70 c	22,30 c	20,28 bcd	19,64 bc	16,60ab
G4 - CNPA Ac 93/15	35,51 b	23,37 c	22,52abc	22,91ab	18,35a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	22,48 c	15,45 d	14,91 d	14,35 c	10,84 bc
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	50,23a	48,02a	28,97a	25,57ab	22,02a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de sal)= 6,36

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 7. Redução relativa (%)\* da variável fitomassa caulinar de cultivares e linhagem de algodão, comparando-se os tratamentos com o nível 2 dS/m de salinidade.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2 4	N3 6	N4 8	N5 10
G1 - CNPA Precoce1	22,96	30,54	45,23	59,69
G2 - CNPA Precoce 2	20,61	36,60	46,28	58,28
G3 - CNPA 7H	22,30	29,34	31,57	42,16
G4 - CNPA Ac 93/15	34,19	36,58	35,48	48,32
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	31,27	33,67	36,17	51,78
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	4,40	42,33	49,09	56,16

\* Em relação ao nível de 2dS/m

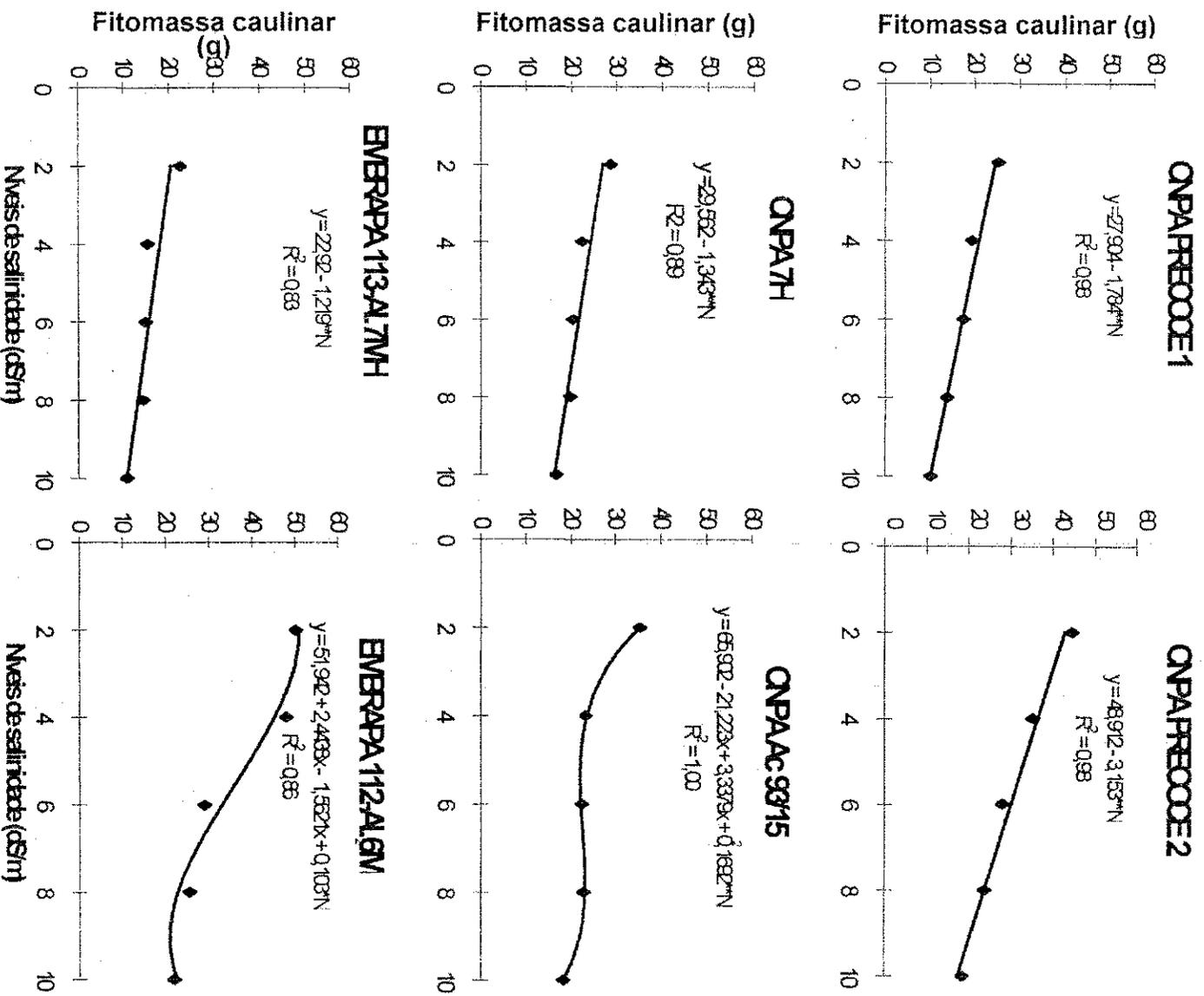


FIGURA 3: Fitomassa caulinar (g/planta) dos vários genótipos em função dos tratamentos de salinidade.

Ao serem comparadas as médias obtidas pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ), após o desdobramento da interação, observa-se que as cultivares EMBRAPA 112.6M (G6) e Precoce 2 (G2) (Tabela 6) com exceção da N2, apresentaram os maiores valores de fitomassa, em todos os níveis salinos, não mostrando diferenças entre si. Entretanto, após os estudos de regressão (Figura 3) e calculando-se os percentuais de redução dos tratamentos em função ao nível de 2dS/m de salinidade (Tabela 7), constata-se que estes dois genótipos e a cultivar Precoce 1 (G1) foram os mais sensíveis aos efeitos dos níveis salinos, sendo a acumulação de matéria seca do caule mais reduzida, à medida que aumentava a concentração salina. Estes resultados são coerentes com os de Medeiros (1996), ao concluir que a água de irrigação com níveis de salinidade superior a 3,9 dS/m retardou o crescimento do algodoeiro.

Ainda em relação à Tabela 7, observa-se que a cultivar CNPA 7H foi comparativamente a menos afetada pelos efeitos negativos de salinidade, mostrando ser a mais tolerante aos níveis salinos analisados, fato este também constatado na variável analisada anteriormente.

#### 4.3.3. Número de Ramos

Através da Tabela 3, observa-se que o número de ramos por planta das cultivares e linhagem do algodoeiro variou significativamente entre os genótipos e níveis de concentração salina, bem como na interação genótipos x níveis de salinidade.

Pelo desdobramento dos resultados da interação através da análise de regressão (Tabela 8 e Figura 4), verifica-se não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para o fator sais dentro dos genótipos CNPA 7H (G3) e CNPA Ac 93/15 (G4) sobre o número de ramos por planta, demonstrando assim adaptação de ambos aos níveis salinos estudados neste trabalho, apesar de terem produzido menor ramificação. Por outro lado, observa-se que o declínio do número de ramos das demais cultivares aumentou em função do estresse salino, ou seja, decresceu linearmente à medida que aumentava os níveis de salinidade, indicando com isto serem mais sensíveis nesta variável. Isto pode ter ocorrido provavelmente devido à acumulação de sais solúveis nos solos, o que inibe drasticamente o crescimento

TABELA 8. Valores médios do número de ramos por planta dos seis genótipos de algodoeiro em função dos cinco níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	21,00ab	17,67abc	15,67 c	15,67ab	15,00a
G2 - CNPA Precoce 2	22,33a	22,00a	20,00abc	19,00a	18,00a
G3 - CNPA 7H	16,67 b	16,33 c	16,33 c	16,33ab	16,00a
G4 - CNPA Ac 93/15	16,67 b	16,00 c	16,00 c	15,33ab	15,00a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	22,33a	20,00abc	16,67 bc	14,00 b	13,67a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	22,00a	21,67ab	21,00ab	18,33ab	16,67a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade)= 4,35

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 9. Redução relativa (%)\*do número de ramos dos genótipos de algodoeiro em função dos níveis de salinidade.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	15,86	25,38	25,38	28,57
G2 - CNPA Precoce 2	1,48	1,48	14,91	19,39
G3 - CNPA 7H	2,04	2,04	2,04	4,02
G4 - CNPA Ac 93/15	4,02	4,02	8,04	10,02
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	10,43	25,35	37,30	38,78
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	1,50	4,55	16,68	24,23

\* Em relação ao nível de 2dS/m

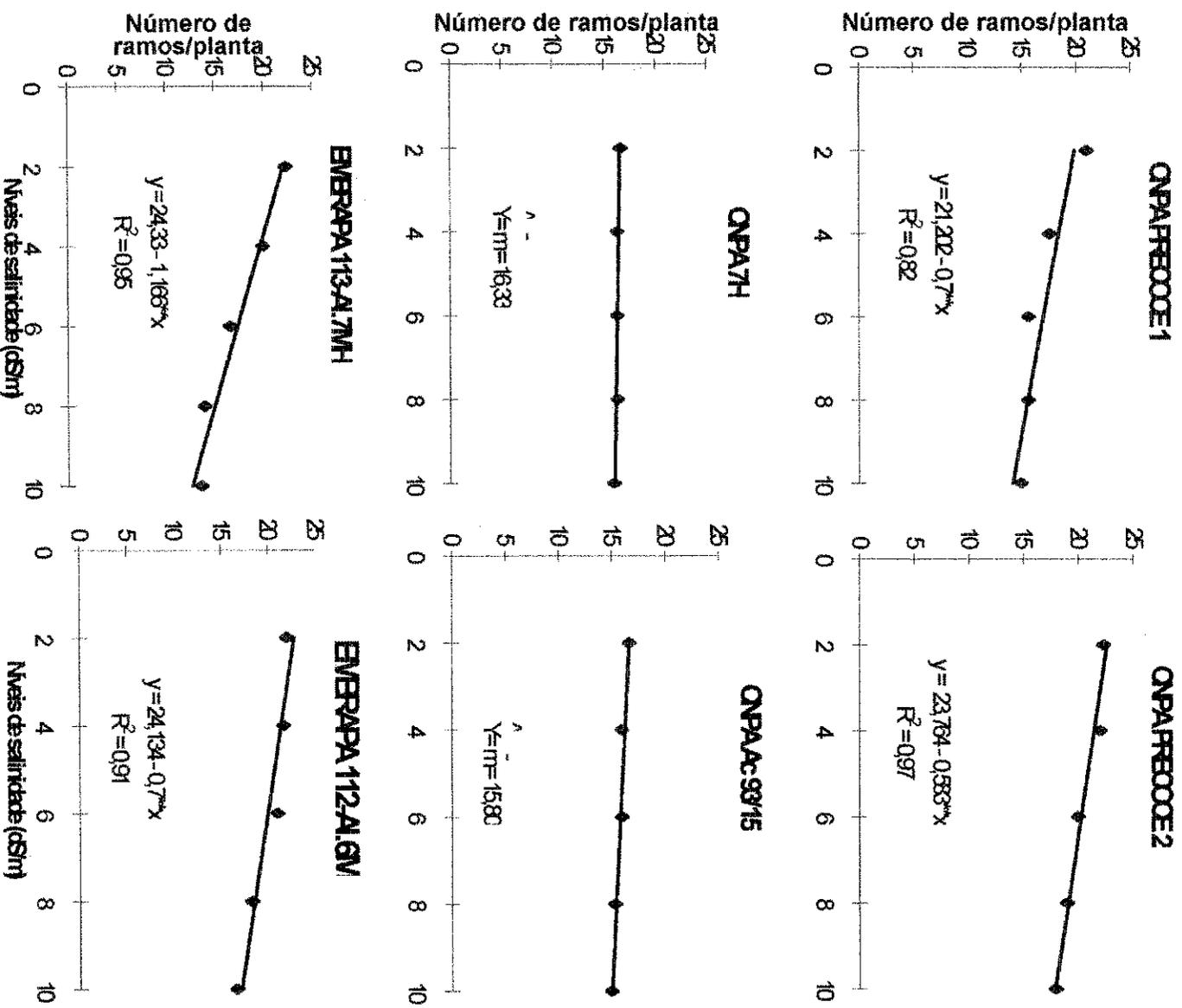


FIGURA 4: Número de ramos produzidos por planta dos diferentes genótipos em estudo, relacionado aos níveis de salinidade.

das plantas, considerando-se ainda que a presença de altas quantidades de íons de sódio (Tabela 2) origina condições tóxicas às plantas do algodoeiro (Santos & Muraoka, 1997).

Com a finalidade de se efetuar uma avaliação mais precisa dos efeitos dos níveis de concentração salina sobre o número médio de ramos, foram obtidos os percentuais de redução de cada genótipo, calculados em função do nível de 2dS/m, conforme exposto na Tabela 9. Constata-se que os genótipos, CNPA 7H, Ac 93/15 e CNPA Precoce 2 foram pouquíssimo afetados pelos níveis salinos, acrescentando-se também a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M até o nível de 8dS/m. No entanto, a cultivar EMBRAPA 113-Algodão.7MH foi a mais prejudicada na emissão de ramos, indicando a sensibilidade dessa cultivar ao estresse salino. Foi também sensível a cultivar CNPA Precoce 1, com reduções superiores a 25,00%, a partir de 6 dS/m.

#### 4.3.4. Fitomassa dos ramos

Com base nos dados de análise de variância apresentados na Tabela 3, referentes a fitomassa dos ramos (g), constata-se ter havido efeito significativo, tanto para genótipos, como para níveis de concentração salina e para a interação salinidade x genótipos.

Observa-se que, com o aumento das concentrações salinas, a tendência foi de ser reduzido, drasticamente, a fitomassa dos ramos por planta, a partir de 4dS/m de condutividade elétrica, agravando-se nos níveis salinos mais altos (Tabela 10). Segundo Daker (1988), embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver, o fato de parte da energia ser utilizada para esse mecanismo pode refletir negativamente no seu crescimento e desenvolvimento.

No nível de 10dS/m o efeito da salinidade foi drástico e, como consequência, não houve diferenças significativas entre os genótipos ( $p > 0,05$ ). Nos outros níveis de CE, nota-se que a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M emitiu ramos mais desenvolvidos que os outros genótipos. Conforme já foi visto na Tabela 9, discutida no sub-ítem anterior, o número de ramos produzidos por aquela cultivar não diferiu muito em relação à maioria delas, o que, pelos dados da

TABELA 10. Fitomassa de ramos/planta (g) em função dos genótipos e níveis de sais avaliados no final do experimento.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	18,20 c	12,02 b	10,05 b	7,73 b	5,90a
G2 - CNPA Precoce 2	27,38 b	13,51 b	11,24ab	9,16 b	7,30a
G3 - CNPA 7H	21,19 c	11,16 b	10,48ab	9,03 b	6,06a
G4 - CNPA Ac 93/15	15,62 c	8,83 b	8,36 b	6,97 b	6,39a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	19,34 c	12,59 b	8,53 b	7,77 b	6,84a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	42,26a	26,27a	17,33a	16,35a	7,81a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 6,07

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 11. Redução relativa (%)\* da variável fitomassa dos ramos/planta (g) de genótipos de algodoeiro, em função de níveis de salinidade.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	33,96	44,78	57,53	67,58
G2 - CNPA Precoce 2	50,66	58,95	66,55	73,34
G3 - CNPA 7H	47,33	50,54	57,39	71,40
G4 - CNPA Ac 93/15	43,47	46,48	55,38	59,09
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	34,90	55,90	59,82	64,63
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	37,84	58,99	61,31	81,52

\* Em relação ao nível de 2dS/m

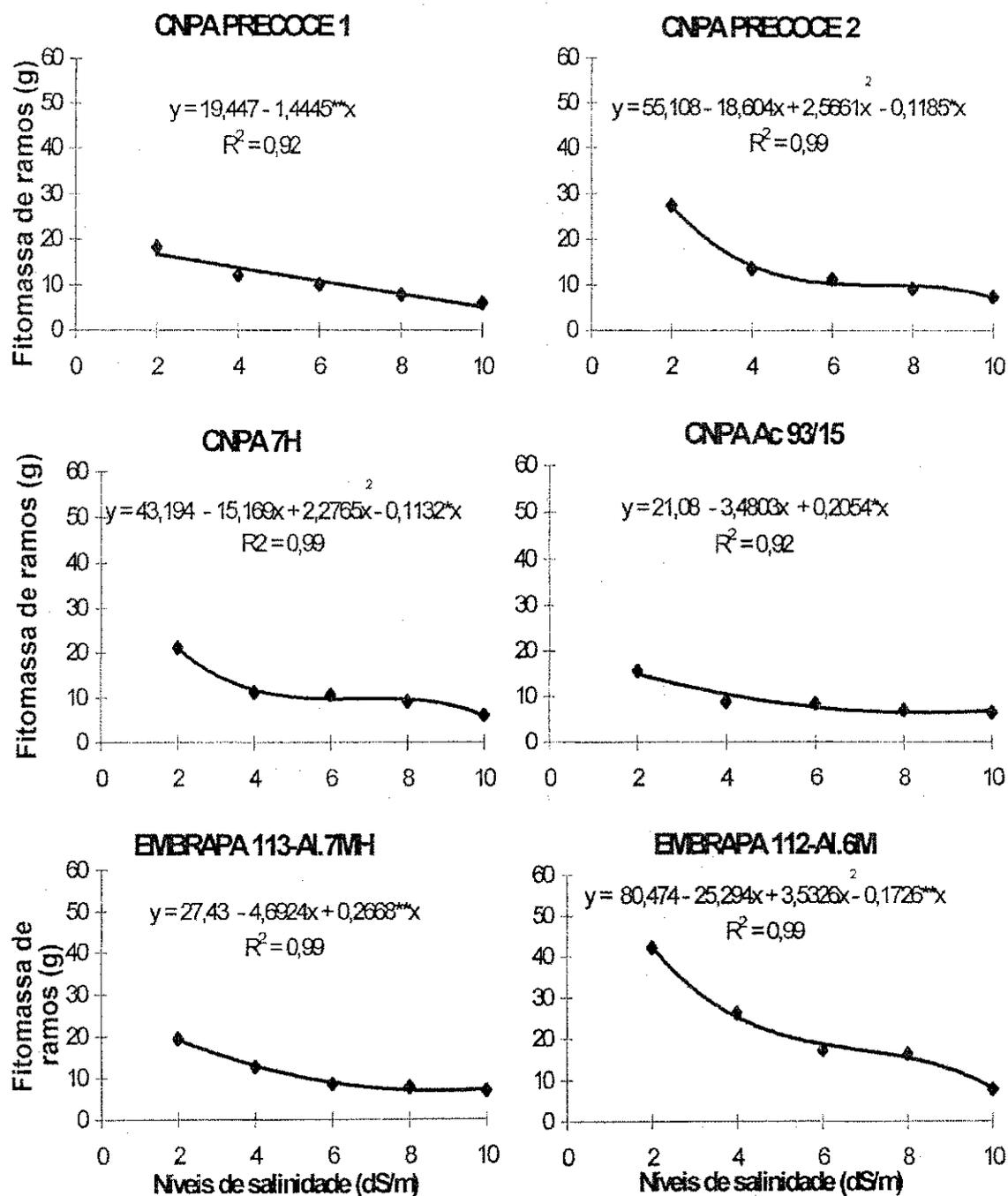


FIGURA 5: Efeito dos níveis de salinidade ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) sobre a fitomassa de ramos ( $\text{g/planta}$ ) dos diferentes genótipos.

Tabela 10, da para se concluir que eles eram mais desenvolvidos que os ramos dos outros genótipos, em alguns casos em mais do dobro.

No entanto, mediante regressão polinomial, observa-se que esta cultivar teve um decréscimo bastante acentuado a partir do nível de 4dS/m, denotando grande sensibilidade a altos níveis de estresse salino (Figura 5). Por outro lado, os genótipos com as menores médias (CNPA Precoce 1, CNPA Ac 93/15 e EMBRAPA 113-Algodão.7MH) foram os de menor sensibilidade à salinidade, não se constatando diferença significativa entre elas nos níveis acima de 4 dS/m, principalmente a linhagem Ac 93/15, que resultou, comparativamente, na menor curva de crescimento, mesmo nos níveis mais altos, denotando-se mais uma vez a sua tolerância ao estresse salino.

Para uma avaliação mais criteriosa, fez-se necessário analisar a tolerância dos genótipos através dos decréscimos dos valores da fitomassa dos ramos em relação ao nível de 2dS/m, conforme exposto na Tabela 11. Pelos resultados obtidos, verifica-se alta redução relativa em todos os genótipos estudados inclusive no nível mais baixo de CE (4 dS/m), evidenciando a sensibilidade desta variável; a salinidade afetou muito mais a fitomassa que o número de ramos, em percentuais superiores a 100%, na maioria dos tratamentos.

A cultivar CNPA Precoce 2 foi a mais prejudicada quando a água de irrigação tinha 4 dS/m de CE, o mesmo ocorrendo com a EMBRAPA 112-Algodão.6M, o que denota redução de 81,52% no nível de 10dS/m.

#### 4.3.5. Número de Folhas

Analisando-se os valores de Quadrado Médio para número de folhas por planta, por ocasião do período da abertura do terceiro capulho do algodoeiro (Tabela 3), verificam-se respostas diferenciadas para níveis de salinidade e para genótipos, bem como para a interação G x N.

O desdobramento da interação pelo teste de Tukey aplicado às médias ( $p < 0,01$ ) resultou nos dados apresentados na Tabela 12. A cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M obteve o maior número de folhas em relação às demais, até o nível de 6 dS/m, destacando-se também nos níveis mais altos de sais.

TABELA 12. Média do número de folhas/planta dos genótipos em função de níveis de sais avaliados na maturação do algodoeiro.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	107,50 bc	93,00 bc	76,67 b	56,67 bc	45,00ab
G2 - CNPA Precoce 2	104,67 c	80,33 cd	72,67 b	73,33ab	38,67ab
G3 - CNPA 7H	101,67 c	68,33 de	53,67 c	47,00 c	38,00ab
G4 - CNPA Ac 93/15	80,00 d	57,00 e	48,67 c	43,67 c	32,33b
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	124,00 b	104,00 b	89,33 b	69,67 b	51,33a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	158,67a	129,33a	111,33a	89,67a	55,67a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade)= 18,02

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 13. Redução relativa (%)\* do número de folhas/planta dos genótipos, em função de níveis de salinidade.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	13,49	28,70	47,28	58,14
G2 - CNPA Precoce 2	23,25	30,57	29,94	63,06
G3 - CNPA 7H	32,79	47,21	53,77	62,62
G4 - CNPA Ac 93/15	28,75	39,16	45,41	59,59
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	16,13	27,96	43,82	58,61
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	18,49	29,84	43,49	64,92

\* Em relação ao nível de 2dS/m

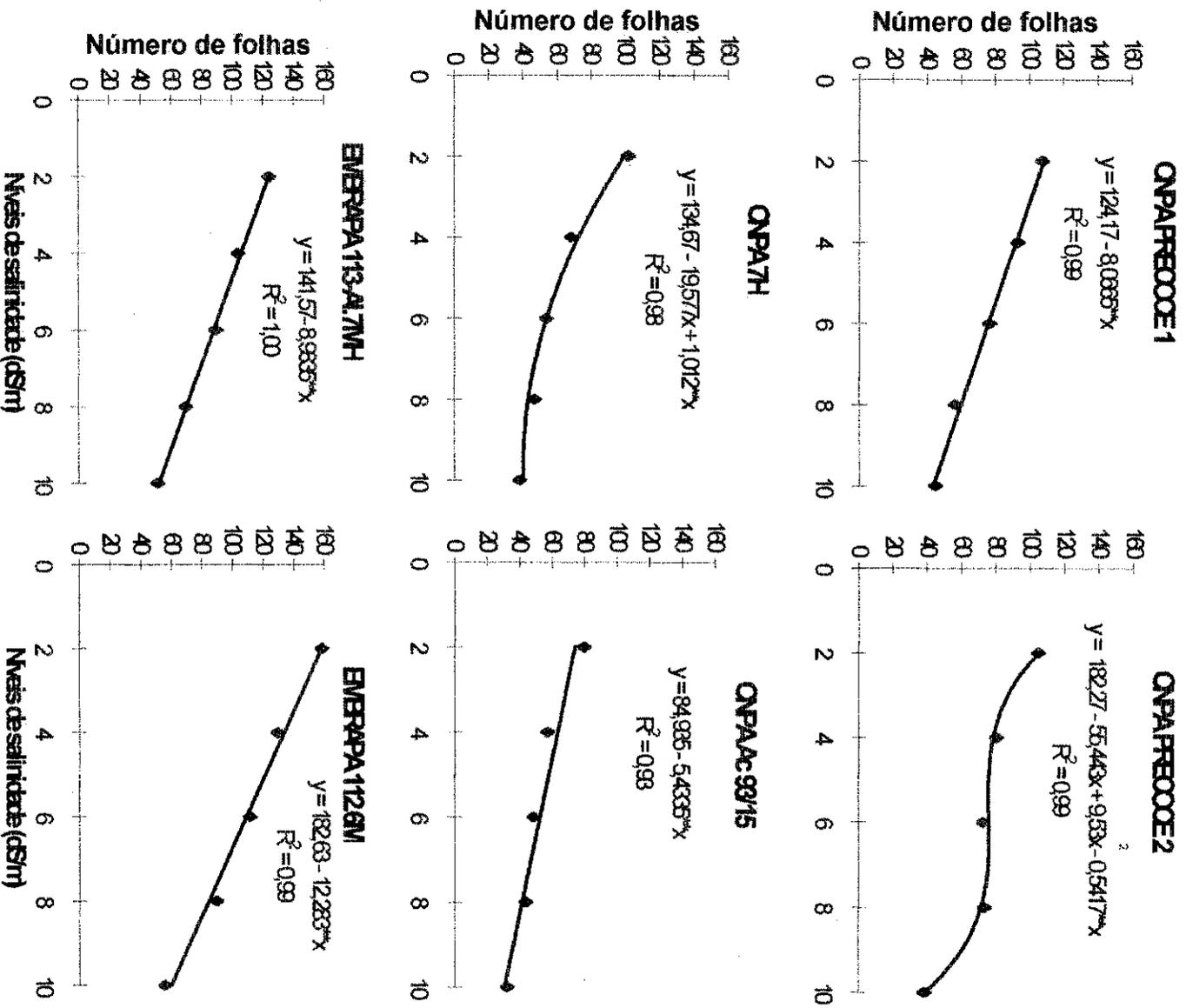


FIGURA 6. Efeito dos níveis crescentes de salinidade sobre o número de folhas por planta dos diferentes.

As diferenças entre os genótipos podem ser melhor visualizados através da Tabela 13, em que estão expostos os valores de redução do número de folhas em relação ao nível de condutividade elétrica de 2 dS/m. Observa-se que a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M, foi mas um vez a mais sensível no nível salino mais alto, sendo muito sensível também a CNPA 7H, mesmo nos tratamentos de baixa CE. A EMBRAPA 113-Algodão.7MH, CNPA Ac 93/15 e a CNPA Precoce 2 foram pouco afetadas na produção de folhas, observando-se nestas duas últimas, entre os níveis de 4, 6 e 8 dS/m; entretanto, no tratamento N5 (10dS/m) comparado ao N4 (8dS/m), esta última cultivar diminuiu a formação de folhas em quase 50%, enquanto na CNPA Ac 93/15 a redução foi de apenas 26%. Vale ressaltar que esta cultivar foi a que produziu o menor número de folhas, inclusive no nível mais baixo de CE.

As plantas, além de terem redução drástica do número de folhas quando foram irrigadas com água contendo alto grau de salinidade, sofreram alterações na coloração do limbo foliar, passando para uma cor verde-azulada, indicando que nesses tratamentos os efeitos tóxicos de sais também contribuíram para menor desenvolvimento das plantas. Sintomas semelhantes foram observados por Silva (1981), associados a problemas de salinidade. Já Medeiro (1996) observou que a redução no número de folhas do algodoeiro provocada pela salinidade induz a queda da área foliar, densidade estomática, succulência da folha, eficiência fotossintética, produção de proteínas, enzimas e aminoácidos, desequilíbrio na absorção de água e nutrientes.

#### 4.3.6. Fitomassa Foliar

Baseando-se nos dados da análise de variância referente a fitomassa foliar (g) por planta, foram constatadas diferenças significativas para os genótipos e níveis salinos, no entanto, não foram observadas diferenças para a interação níveis x genótipos (Tabela 3).

Pela comparação entre as médias da fitomassa foliar dos genótipos, através do teste de Tukey (Tabela 14), verifica-se não ter havido diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os níveis salinos 6, 8 e 10dS/m, comprovando-se com isto que, de maneira geral, o aumento da condutividade elétrica provoca uma

TABELA 14. Fitomassa foliar/planta (g) em função dos genótipos e níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	29,61abc	21,12 b	18,68a	16,47a	13,78a
G2 - CNPA Precoce 2	33,07ab	24,80ab	20,13a	18,61a	14,81a
G3 - CNPA 7H	28,22 bc	23,62ab	21,84a	17,56a	12,27a
G4 - CNPA Ac 93/15	27,88 c	22,05ab	20,14a	16,10a	14,43a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	26,55 c	23,77ab	19,81a	17,09a	15,26a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	33,85a	26,49a	22,48a	18,82a	14,00a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade)= 5,07

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 15. Redução relativa (%) da variável fitomassa foliar/planta (g) dos genótipos de algodoeiro, em função de níveis de salinidade.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	28,67	36,91	44,38	53,46
G2 - CNPA Precoce 2	25,01	39,13	43,73	55,22
G3 - CNPA 7H	16,30	22,61	37,78	56,52
G4 - CNPA Ac 93/15	20,91	27,76	42,25	48,24
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	10,47	25,39	35,63	42,52
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	21,74	33,59	44,40	58,64

\* Em relação ao nível de 2dS/m

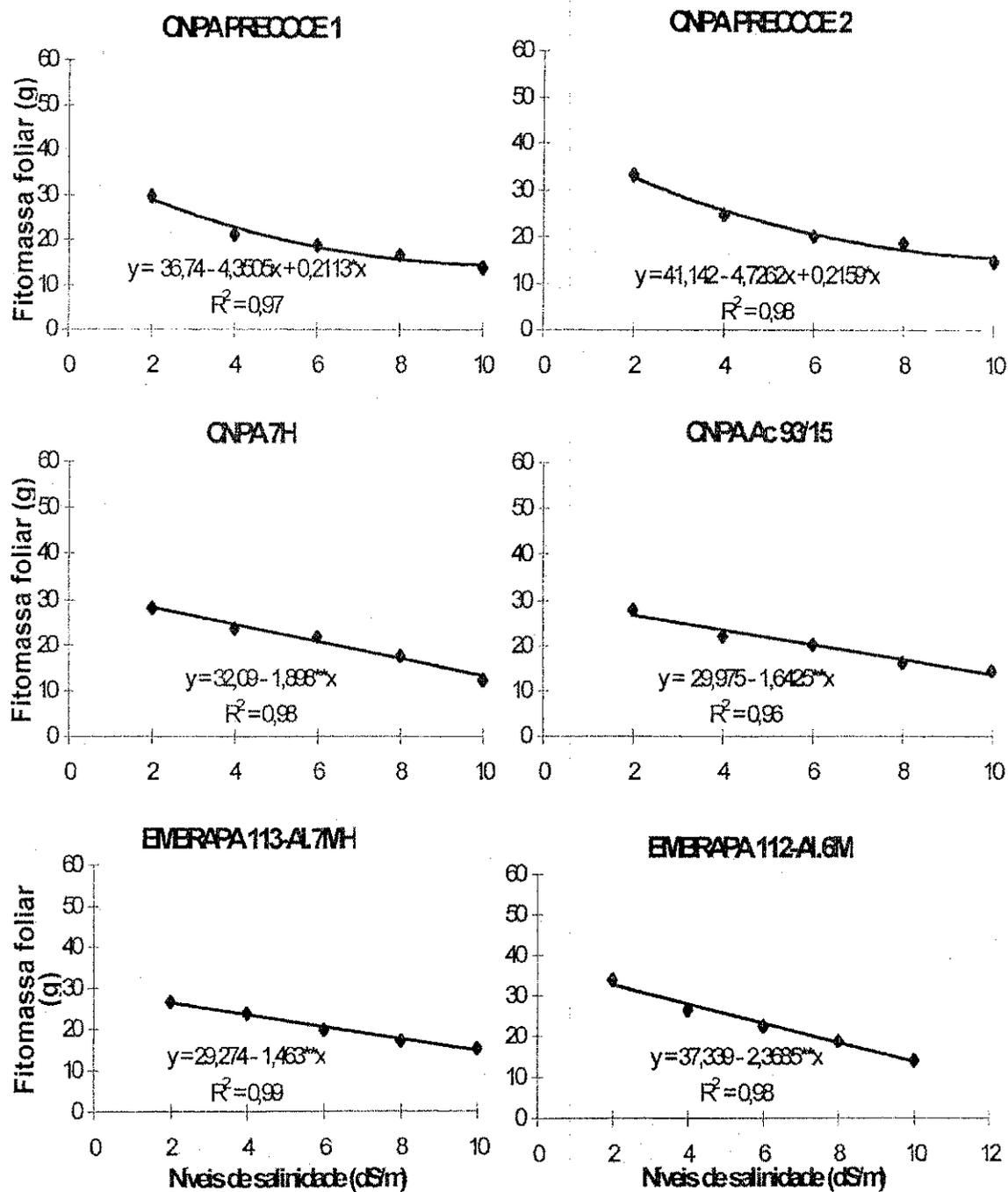


FIGURA 7. Efeito dos níveis crescentes de salinidade sobre a fitomassa foliar (g/planta) dos diversos genótipos.

redução significativa na fitomassa das folhas por planta. Embora nesses níveis de CE, tenha ocorrido diferenças entre os genótipos, quanto ao número de folhas emitidas por planta (Tabela 12), a fitomassa foliar não teve variação.

Ainda pela Tabela 14, nota-se que os genótipos CNPA 7H, CNPA Ac 93/15 e EMBRAPA 113-Algodão.7MH foram os que produziram menos massa foliar no nível de CE igual a 2,0 dS/m. Outros genótipos, que nesse tratamento inicial produziram mais fitomassa, sofreram reduções maiores (Tabela 15) nos níveis de CE mais altos, enquanto que, para os três citados, foi menor a redução relativa da matéria seca de folhas, até o tratamento de 6 dS/m. Mesmo em 10 dS/m, a EMBRAPA 113-Algodão.7MH teve a menor redução relativa.

Através da análise de regressão apresentada para cada cultivar/linhagem (Figura 7), verifica-se que foi negativamente linear o efeito da salinidade sobre a fitomassa foliar dos genótipos, com exceção de CNPA Precoce 1 e 2, cujo efeito foi quadrático. Para todos os genótipos foram observados altos graus de correlação entre níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e fitomassa de folha.

#### 4.3.7. Área Foliar

Através da análise de variância representada na Tabela 3, foram constatados efeitos altamente significativos para os fatores Genótipos (G), níveis de salinidade (N), bem como, para a interação (G x N) sobre a área foliar das plantas.

Na Tabela 16 estão as médias de área foliar e as informações de comparação de médias pelo teste de Tukey, analisados na abertura do terceiro capulho. O comportamento individual das cultivares e linhagem dentro de cada nível de concentração revela que as cultivares CNPA 7H, Precoce 2 e Precoce 1 destacaram-se nos níveis mais baixos de salinidade, tendendo a produzir maior área foliar. A partir de 6 dS/m, com exceção da cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M, todos os genótipos desenvolveram uma área foliar semelhante, sem diferenças estatísticas entre elas.

Ao contrario das demais variáveis, a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M foi estatisticamente a de menor área foliar em todos os tratamentos. Esta

TABELA 16. Média da área foliar (cm<sup>2</sup>) final dos genótipos em função dos níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	6241,47ab	4845,65ab	4289,07a	3699,68a	2361,98a
G2 - CNPA Precoce 2	6487,46a	4465,16ab	3557,14ab	3608,63a	2980,05a
G3 - CNPA 7H	6922,24a	5198,13a	4495,03a	3470,57a	2683,71a
G4 - CNPA Ac 93/15	5189,42 bc	3675,00 bc	3360,75ab	3182,07a	2304,91a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	4966,58 c	4765,33ab	3576,33ab	3333,38a	2560,60a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	3595,58 d	2688,74 c	2619,08 b	1835,20 b	970,37 b

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 1234,01

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 17. Redução relativa (%) da variável área foliar/planta dos genótipos de algodoeiro, em função do nível de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	22,36	31,28	40,72	62,16
G2 - CNPA Precoce 2	31,17	45,17	44,38	54,07
G3 - CNPA 7H	24,91	35,06	49,86	61,23
G4 - CNPA Ac 93/15	29,18	35,24	38,68	55,58
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	4,05	27,99	32,89	48,44
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	25,22	27,16	48,96	73,01

diferenciação no comportamento dos genótipos, deve-se certamente à diversidade genética dos materiais utilizados. Com base na resposta da planta em decorrência do estresse salino, é possível que haja uma diminuição do rendimento da cultura, já que a área foliar está linearmente relacionada com a produção.

Embora a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M tenha emitido um maior número de folhas (Tabela 12), em todos os tratamentos, elas eram de tamanho pequeno, pelo que se constata através dos dados de área foliar. No sub-item de fitomassa de folhas também já discutido, e cujas médias encontram-se na Tabela 14, foram observados pesos semelhantes entre essa cultivar e os demais genótipos, deduzindo-se que as folhas da cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M eram pequenas e mais espessas, pois a área foliar foi muito baixa. A evolução da área foliar e do número de folhas, são variáveis que provavelmente evidenciam a redução na velocidade do crescimento do algodoeiro, quando em ambiente salino (Andrade, 1996).

Entre os genótipos destacam-se a EMBRAPA 113-Algodão.7MH, por apresentar menor redução na sua área foliar em todos os tratamentos (Tabela 17). As cultivares EMBRAPA Algodão.6M e 7H apresentaram reduções bastante significativas nos níveis 8 e 10dS/m, outra também sensível foi a cultivar Precoce 2 com redução de 31,17% a partir do nível de 4dS/m. Arruda (1999), trabalhando com a cultivar CNPA 7H, também evidenciou o efeito negativo linear sobre a expansão foliar, e como consequência, redução do consumo de água pela planta. Assim como Andrade (1996), observou que a cultivar CNPA Precoce 1 obteve redução na área foliar no nível de salinidade de 12 dS/m.

A redução da área foliar, com o aumento do nível salino da água de irrigação, foi provavelmente, um processo fisiológico de defesa das plantas, em que a mesma procura se proteger da perda de água reduzindo sua superfície transpirante. Neste trabalho, isto ocorreu por diminuição no número de folhas emitidas (Tabela 12), e não por queda de folhas, comum na cultura do algodoeiro como auto-defesa para se proteger do déficit de água (Costa, 1985). Provavelmente isto se deva ao potencial osmótico muito negativo da solução do solo, que afeta a disponibilidade de água para as plantas, dificultando a sua absorção e ocasionando uma menor pressão de turgor, além do efeito particular na alongação celular. Vários autores confirmam que, em solos salinos, o potencial

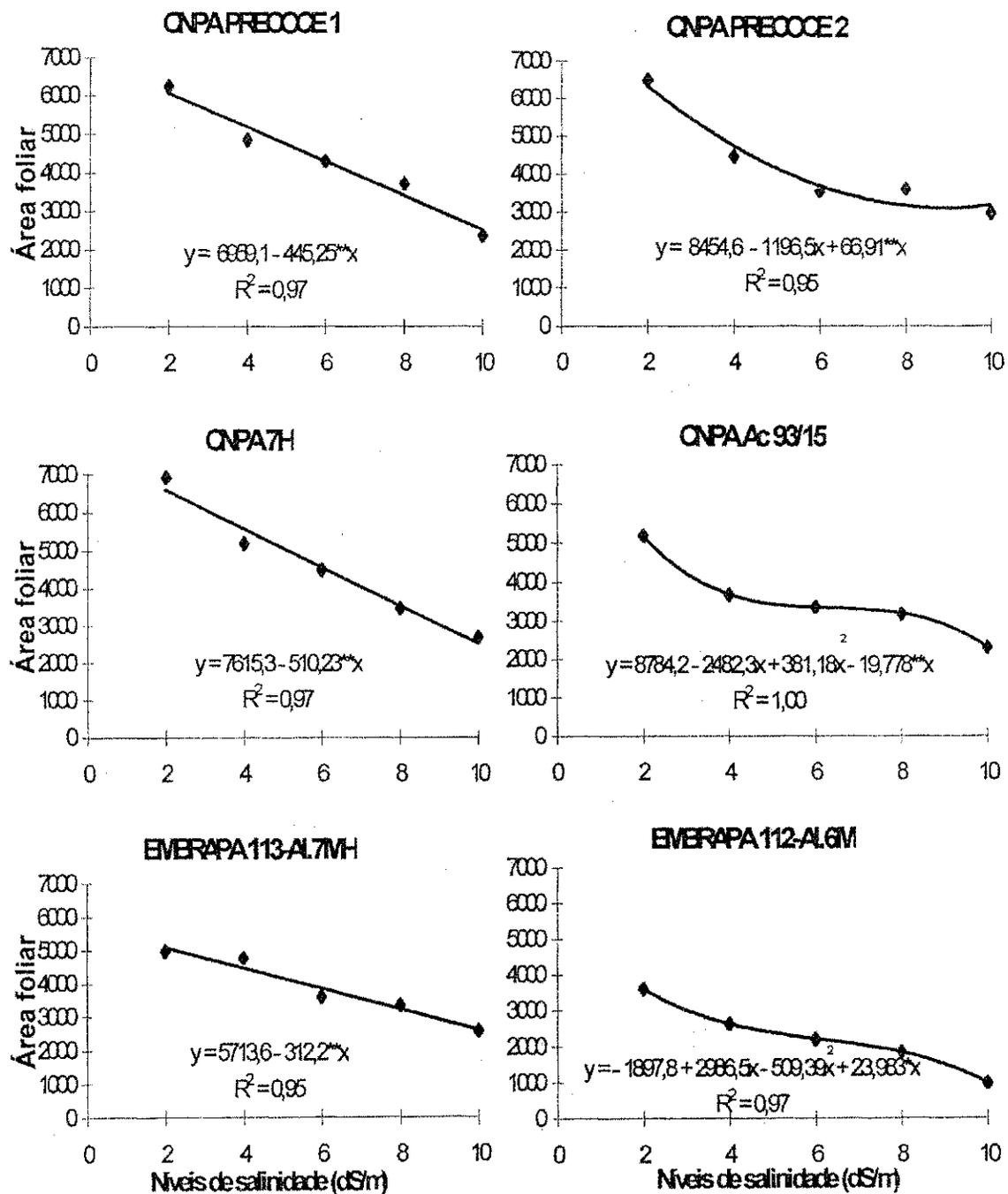


FIGURA 8. Área foliar (cm<sup>2</sup>) dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade.

osmótico é o principal fator de diminuição da superfície fotossintetizadora (Bernstein, 1964; Kramer, 1974; Lauchi & Epstein, 1984 e Terry & Waldron, 1984).

De acordo com Hoffman & Phene (1971), a salinidade reduz a fotossíntese por unidade de área foliar na cultura do algodoeiro, sendo a interação salinidade e umidade relativa que influencia no crescimento do algodoeiro. Mas para Khalil et al. (1967), a salinidade diminui o processo fotossintético mais precisamente pela redução na área foliar disponível para a fotossíntese. Diminuições na área foliar devido à elevação da concentração de sódio na solução do solo também foram observadas em feijão (Meire et al., 1970), milho (Stark & Jarrel, 1980) e sorgo (Mustafa & Abdelmagid, 1982).

#### 4.3.8. Fitomassa Radicular

Pelos dados apresentados na Tabela 3, constatam-se efeitos significativos para genótipos, níveis de CE e para a interação G x N. A salinidade afetou as plantas em graus diferentes entre os genótipos.

Com o desdobramento da interação, valores contidos na Tabela 18, verifica-se que a EMBRAPA 112-Algodão.6M desenvolveu o maior sistema radicular em termos de fitomassa, em todos os níveis de CE. Nos tratamentos de 2 e 4 dS/m destaca-se também a cultivar CNPA 7H. A cultivar EMBRAPA 113-Algodão.7MH, forma um sistema radicular pouco desenvolvido, com baixo valor de matéria seca de raízes nos tratamentos de CE mais baixos. Por outro lado, observa-se que a linhagem CNPA Ac 93/15 não apresentou diferença significativa para a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M no nível mais alto, demonstrando, com isto, uma maior tolerância aos níveis salinos.

Com relação aos níveis de salinidade, dentre as cultivares e linhagem, mediante regressão (Figura 9), constata-se que a cultivar CNPA 7H foi a que mais teve decréscimo na fitomassa das raízes, nos níveis mais altos de CE, sendo seguida pela Precoce 2.

As diferenças são melhor visualizadas através da redução relativa causada pelos tratamentos, cujos dados encontram-se expostos na Tabela 19. A linhagem CNPA Ac 93/15 e as cultivares EMBRAPA 113-Algodão.7MH e EMBRAPA 112-Algodão.6M tiveram as menores reduções de fitomassa de raízes.

TABELA 18. Fitomassa radicular avaliada no final do experimento, em função dos genótipos e níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	33,25 cd	21,43 c	18,45 b	17,37 b	13,08 b
G2 - CNPA Precoce 2	41,05 bc	26,80abc	19,56 b	17,14 b	15,29 b
G3 - CNPA 7H	43,21ab	31,76 b	22,98 b	17,55 b	12,25 b
G4 - CNPA Ac 93/15	30,63 d	24,85 bc	17,64 b	15,54 b	17,23ab
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	28,18 d	21,81 c	17,82 b	14,65 b	11,80 b
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	51,17a	41,05a	32,83a	32,03a	24,25a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 8,68

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 19. Redução relativa (%) da fitomassa radicular dos genótipos de algodoeiro, em função do níveis de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	35,33	44,51	47,76	60,66
G2 - CNPA Precoce 2	34,71	52,35	58,25	62,75
G3 - CNPA 7H	26,52	46,82	59,38	71,65
G4 - CNPA Ac 93/15	18,87	42,44	49,27	43,75
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	22,61	36,76	48,01	58,13
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	19,78	35,84	37,41	52,61

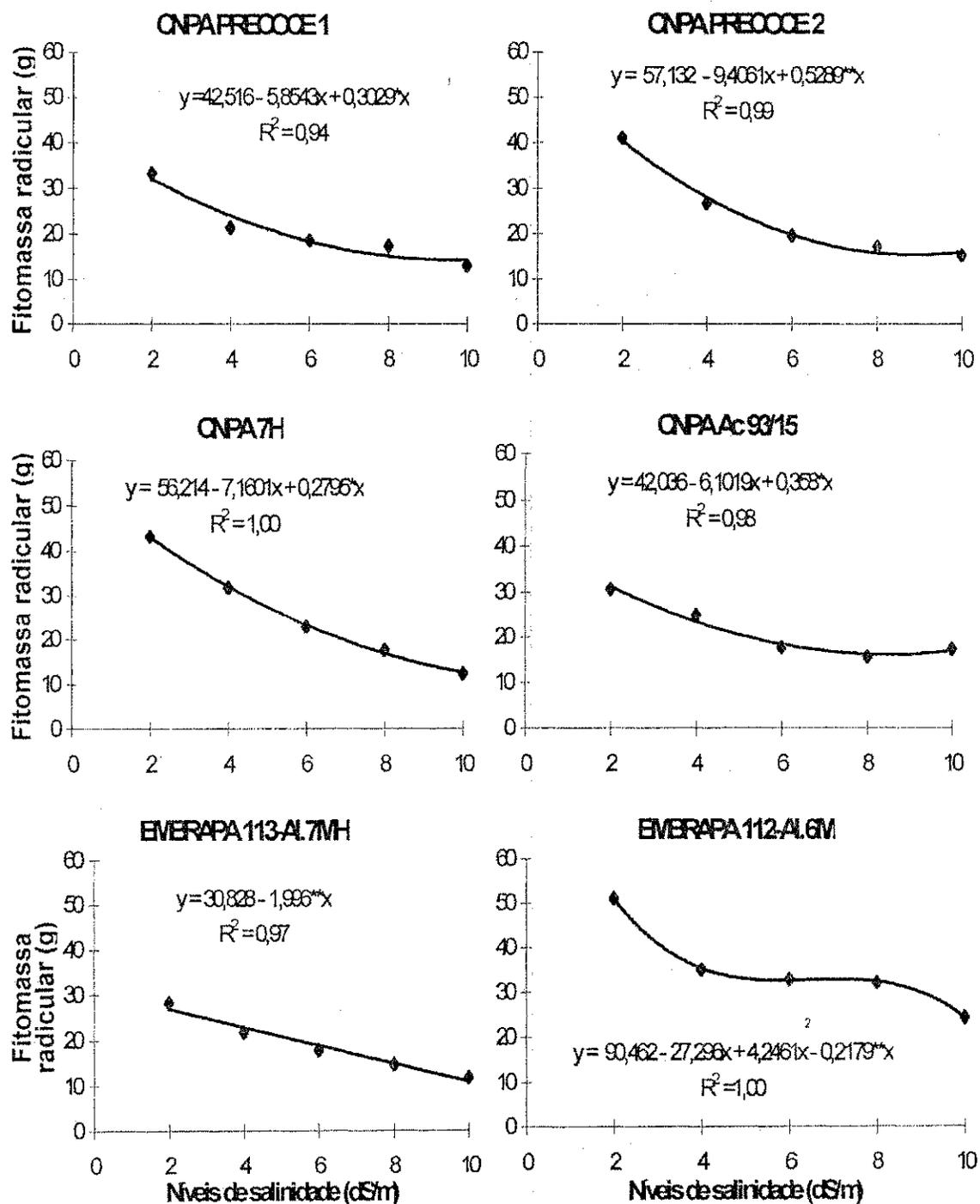


FIGURA 9. Fitomassa radicular (g/planta) produzida pelos genótipos em estudo, segundo os níveis de salinidade.

Baseando-se, ainda, na Tabela 18 e Figura 9, nota-se que a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M desenvolveu o sistema radicular com pequena variação entre os níveis de CE de 4, 6 e 8 dS/m, enquanto a linhagem CNPA Ac 93/15 teve o seu sistema radicular pouco afetado entre 6, 8 e 10 dS/m. Khalil et al. (1967); Hoffman et al. (1971) e Taylor & Klepper (1974) confirmam haver redução no desenvolvimento radicular do algodoeiro, com o aumento da salinidade do solo. Andrade (1996), porém, utilizando níveis de salinidade do solo de até 12dS/m, não constatou efeito negativos sobre o sistema radicular do algodoeiro.

#### **4.4. Características qualitativa e quantitativa de produção**

##### **4.4.1. Número de Capulhos**

Na Tabela 20, entre as variáveis relacionadas à produção, estão os Quadrados Médios do número de capulhos. Nota-se que houve efeito significativo apenas entre os níveis de salinidade.

Os dados de número médio de capulhos por planta, produzidos por cada genótipo nos diversos níveis salinos, encontram-se na Tabela 21. Pode-se observar que não houve diferença significativa entre os genótipos. Pela Tabela 22, verifica-se que os valores de número médio de capulhos diminuíram com o aumento do nível de salinidade, melhor visualizados na Figura 10. Este comportamento pode estar associado ao efeito da salinidade da água de irrigação sobre a fisiologia da planta, promovendo distúrbios metabólicos, principalmente em relação a absorção de água e nutrientes do solo pelas plantas (Sexton & Gerard, 1982; Medeiros, 1996 e Silva, 1996) que resultou provavelmente na produção de menor número de capulhos e/ou na redução da área foliar que, segundo Kramer (1969), implica na redução da superfície fotossintetizadora, na diminuição na síntese de assimilados e, conseqüentemente, no rendimento da cultura do algodoeiro.

Ainda na Tabela 22 e Figura 10, verifica-se que em baixos níveis de salinidade, destacaram-se na produção de número de capulhos as cultivares CNPA Precoce 2 e EMBRAPA 112-Algodão.6M. Entretanto, até o nível de 6 dS/m, a linhagem CNPA Ac 93/15 foi a mais tolerante. Mesmo nos tratamentos mais

TABELA 20. Resumo da análise de variância das variáveis relacionadas as características qualitativa e quantitativa de produção dos genótipos de algodoeiro analisados no final do experimento, segundo as fontes de variação.

F.V.	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		N. de Capulho	F. de Capulho	P. do Alg./Caroço	P. 100 Sementes	Percen. de Fibra	Peso de Pluma
Genótipos (G)	5	41,00NS	5151**	4364,33**	67,02**	577,92**	779,62**
Níveis (N)	4	236,65**	1,665NS	4423,33**	20,25**	148,69**	672,78**
G x N	20	28,28NS	1,68**	246,89NS	14,43**	138,75**	42,44NS
G/N1	5	45,42NS	10,17**	1330,06**	2,65NS	35,14NS	248,73**
G/N2	5	46,59NS	16,33**	1407,08**	6,95*	11,69NS	256,69**
G/N3	5	4,49NS	11,08**	1283,32**	9,16*	120,72**	217,36**
G/N4	5	47,12NS	13,23**	1218,80**	89,58**	814,90**	203,52**
G/N5	5	10,49NS	7,44**	120,52NS	16,41**	150,48**	23,09NS
N/G1	4	34,60NS	0,67NS	1462,66**	0,68NS	1,72NS	247,51**
.Linear	1	124,03*	2,30NS	5721,48**	0,65NS	0,12NS	958,81**
.Quadrático	1	10,50NS	0,24NS	119,69NS	1,38NS	1,68NS	24,99NS
.Cúbico	1	0,13NS	0,28NS	9,19NS	0,77NS	0,26NS	3,82NS
.Desv.regressão	1	3,73NS	0,36NS	0,28NS	0,50NS	4,94NS	2,41NS
N/G2	4	59,07NS	4,44**	1012,50**	1,27NS	2,43NS	160,65**
.Linear	1	202,80**	0,43NS	2789,82**	1,68NS	0,43NS	424,13**
.Quadrático	1	21,43NS	3,43*	0,54NS	2,33NS	3,90NS	2,78NS
.Cúbico	1	4,03NS	9,30**	1031,36*	0,16NS	4,18NS	192,03**
.Desv.regressão	1	8,01NS	4,61*	188,77NS	0,88NS	1,22NS	23,67NS
N/G3	4	29,60NS	1,29NS	1184,61**	0,75NS	1,62NS	190,40**
.Linear	1	108,30*	0,48NS	4536,24**	2,35NS	0,85NS	713,46**
.Quadrático	1	0,24NS	0,55NS	64,13NS	0,38NS	0,77NS	12,71NS
.Cúbico	1	8,53NS	4,11*	65,42NS	0,21NS	3,89NS	17,79NS
.Desv.regressão	1	1,54NS	0,58NS	72,63NS	0,62NS	2,43NS	17,66NS
N/G4	4	12,10NS	1,28NS	784,91**	3,39NS	7,97NS	150,83**
.Linear	1	38,53NS	3,47*	2849,93**	0,26NS	23,768NS	363,31**
.Quadrático	1	6,10NS	0,34NS	207,17NS	8,60NS	2,53NS	41,60NS
.Cúbico	1	0,30NS	0,19NS	76,16NS	1,24NS	5,29NS	18,10NS
.Desv.regressão	1	3,47NS	1,10NS	6,37NS	3,45NS	0,29NS	0,33NS
N/G5	4	9,57NS	1,66NS	842,45**	0,35NS	59,51NS	128,90**
.Linear	1	36,30NS	4,96*	2914,62**	1,00NS	0,43NS	502,66**
.Quadrático	1	0,21NS	0,46NS	97,83NS	0,20NS	86,86NS	0,31NS
.Cúbico	1	0,33NS	0,53NS	1,16NS	0,33NS	0,36NS	0,71NS
.Desv.regressão	1	1,72NS	1,22NS	356,20NS	0,17NS	150,37*	11,91NS
N/G6	4	233,10**	0,74NS	354,58NS	85,98**	769,19**	51,71NS
.Linear	1	644,03**	0,21NS	457,86NS	128,55**	1060,89**	49,67NS
.Quadrático	1	25,93NS	0,83NS	594,38NS	6,64NS	2,68NS	92,71NS
.Cúbico	1	229,63**	1,20NS	293,91NS	94,34**	1677,02**	59,36NS
.Desv.regressão	1	32,81NS	0,73NS	72,16NS	114,41**	336,17**	5,06NS
Resíduo	60	25,54	0,72	149,88	2,86	30,28	26,71
CV%		42,28	19,33	23,71	13,59	14,43	24,92

NS - Não Significativo ( $p > 0,05$ );

\*\* - Significativo ( $p < 0,01$ );

\* - Significativo ( $p < 0,05$ ).

TABELA 21. Número de capulho/planta no final do experimento, em função dos genótipos e níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	14,67a	13,67a	13,33a	9,33a	6,67a
G2 - CNPA Precoce 2	20,33a	17,67a	11,67a	11,00a	10,67a
G3 - CNPA 7H	14,33a	10,67a	10,67a	9,00a	6,00a
G4 - CNPA Ac 93/15	11,67a	11,33a	11,67a	8,67a	7,33a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	14,33a	14,00a	12,00a	11,67a	10,00a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	21,67a	21,00a	14,00a	0,00a	8,67a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 12,14

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 22. Redução relativa (%) da variável número de capulho/planta dos genótipos de algodoeiro, em função do níveis de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	6,82	9,13	36,40	54,53
G2 - CNPA Precoce 2	13,08	42,60	45,89	47,52
G3 - CNPA 7H	25,54	25,54	37,19	58,13
G4 - CNPA Ac 93/15	2,91	0	25,71	37,19
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	2,30	16,26	18,56	30,22
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	3,09	35,39	*	59,99

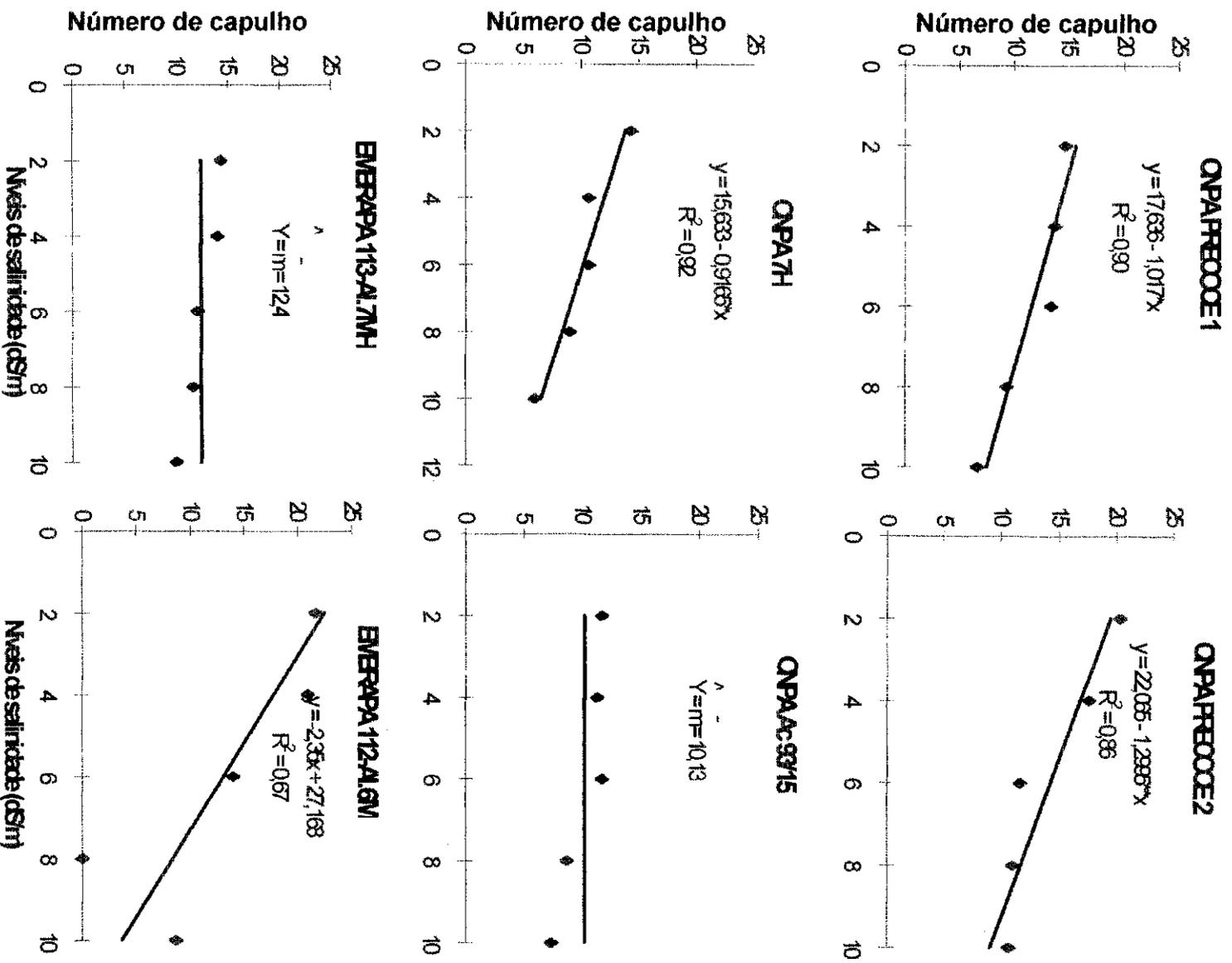


FIGURA 10. Número de capulho por planta dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade.

altos de salinidade, essa linhagem e a cultivar EMBRAPA 113-Algodão.7MH tiveram menor redução do número de capulho. Outra também tolerante ao estresse salino até 6 dS/m de condutividade elétrica foi a cultivar CNPA Precoce 1. No entanto, observa-se que a maior variação ocorreu na cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M, com 21 capulhos no tratamento de 2 dS/m, e ausência (0,00) de capulho por planta, quando o tratamento passou para 8 dS/m. Esta cultivar teve os maiores decréscimos de número de capulhos, deste nível (8dS/m) em relação ao anterior, atingindo 100% de redução. As menores reduções foram constatadas nos genótipos CNPA Ac 93/15 e EMBRAPA 113-Algodão.7MH.

#### 4.4.2. Fitomassa dos Capulhos (g)

Foram observados os efeitos significativos ( $p < 0,01$ ) entre genótipos e na interação genótipos x níveis de salinidade (Tabela 20) para peso de matéria seca de capulhos. Os níveis de salinidade, isoladamente, não afetaram a fitomassa dos capulhos.

A salinidade afetou esta variável em graus diferentes entre os genótipos. Na Tabela 23, estão as médias de peso de capulhos por planta, segundo os genótipos do algodoeiro e os níveis de salinidade da água de irrigação. Pelos resultados de desta Tabela, verifica-se que os genótipos CNPA 7H, CNPA Ac 93/15, CNPA Precoce 1 e EMBRAPA 113-Algodão.7MH não apresentaram diferenças entre si em todos os níveis de salinidade, destacando-se das demais, enquanto que a produção de capulhos (fitomassa) da cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M foi muito baixa. Dentre os níveis que se destacaram nesta análise, ressalta-se o da cultivar CNPA Precoce 1, que teve menor redução relativa de fitomassa, comparando-se os diversos tratamentos com o nível inicial (2 dS/m) de CE (Tabela 24).

Relacionando-se os dados de fitomassa com os de número de capulhos, discutidos no item anterior, constata-se que os três genótipos CNPA 7H, CNPA Ac 93/15 e CNPA Precoce 1, embora tenham produzido menor número de capulhos, estes eram mais pesados (maior fitomassa).

Para uma melhor compreensão dos efeitos dos tratamentos através da Figura 11 e Tabela 24, verifica-se que estes genótipos não sofreram influência dos

TABELA 23. Fitomassa de capulhos avaliados no final do experimento, em função de genótipos e níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
<b>G1 - CNPA Precoce1</b>	5,77a	5,60a	4,97a	5,17ab	4,60ab
<b>G2 - CNPA Precoce 2</b>	5,67a	5,13a	4,10a	3,47 b	2,67 b
<b>G3 - CNPA 7H</b>	6,97a	6,27a	5,90a	5,67a	5,63a
<b>G4 - CNPA Ac 93/15</b>	5,90a	5,43a	5,30a	4,70ab	4,43ab
<b>G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH</b>	5,47a	5,17a	4,30a	3,87ab	3,87ab
<b>G6 - EMBRAPA 112-AI.6M</b>	1,50 b	1,15 b	1,15 b	0,00 c	0,15 c

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 2,04

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 24. Redução relativa (%) da variável fitomassa de capulho/planta dos genótipos de algodoeiro, em função do níveis de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
<b>CNPA Precoce1</b>	2,95	13,86	10,40	20,28
<b>CNPA Precoce 2</b>	9,52	27,69	38,80	52,91
<b>CNPA 7H</b>	10,04	15,35	18,65	19,23
<b>CNPA Ac 93/15</b>	7,97	10,17	20,34	24,92
<b>EMBRAPA 113-AI.7MH</b>	5,48	21,39	29,25	29,25
<b>EMBRAPA 112-AI.6M</b>	23,33	23,33	*	90,00

\* Não houve produção

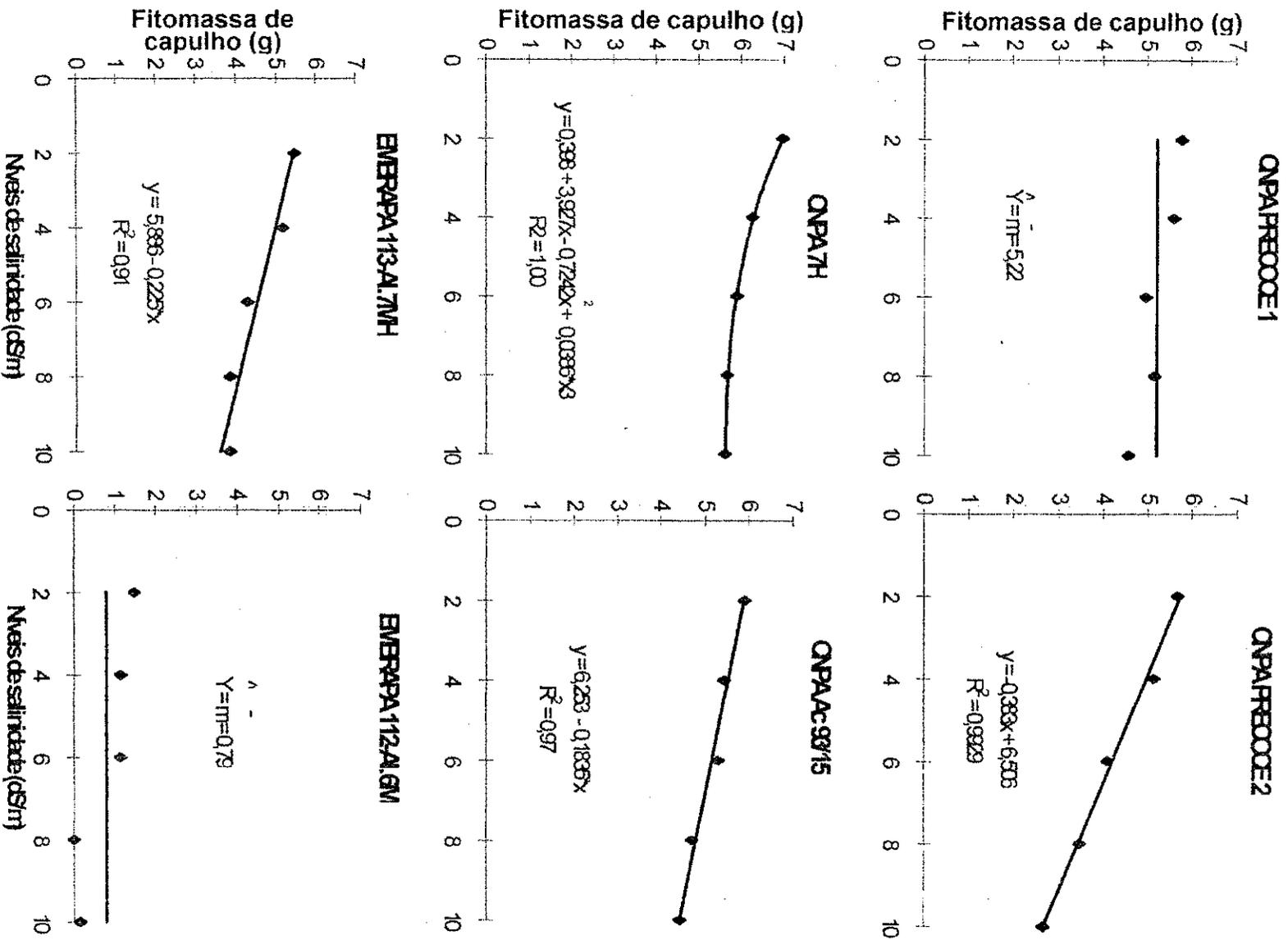


FIGURA 11. Fitomassa de capulho (g/planta) dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade.

níveis de salinidade, na produção de capulhos/planta sendo provavelmente os mais tolerantes enquanto que os genótipos EMBRAPA 112-Algodão.6M, CNPA Precoce 2 e EMBRAPA 113-Algodão.7MH foram os mais sensíveis.

Vasconcelos (1990), ao estudar algumas cultivares de algodoeiro, constatou que, de maneira geral, elas são afetadas pelo sódio trocável a partir de valores muito baixos, contudo danos comprometedores na produção só ocorreram em PST superiores a 27,8, sendo que, nas variáveis altura de plantas, número e peso de capulho e a produção em caroço se comportaram melhor na faixa de PST entre 7 e 17. No entanto, de acordo com este trabalho (Tabela 3), verifica-se que o PST variou de 9,44 a 25,35 nos níveis N1 (2dS/m) e N5 (10dS/m) respectivamente. Com relação aos dados de redução relativa (Tabela 24), observa-se em geral, que com exceção das cultivares EMBRAPA 112-Algodão.6M, CNPA precoce 2 e EMBRAPA 113-Algodão.7MH, os demais genótipos foram pouco afetados pelos tratamentos de salinidade. Deduz-se desta forma que a fitomassa de capulho se comporta melhor em uma faixa superior à sugerida por Vasconcelos (1990).

#### 4.4.3. Peso Médio de Algodão em Caroço

Pelos dados da análise de variância para peso médio de algodão em caroço (Tabela 20), observaram-se diferenças significativas entre os fatores genótipos e níveis de salinidade, sem efeito interativo sobre estes fatores. No entanto, através do desdobramento foi constatado efeito linear significativo dos tratamentos de salinidade na maioria dos genótipos, só na cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M não houve diferenciação entre os níveis de sais.

Na comparação das médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ), apresentada na Tabela 25, vê-se que o genótipo EMBRAPA 112-Algodão.6M foi significativamente menos produtivo do que os demais que não diferiram entre si, quando foi utilizada na água de irrigação com 10 dS/m da CE, não havendo diferença significativa. Como foi observado em itens anteriores, essa cultivar também produziu capulhos menos pesados que os outros genótipos, embora não tenha havido diferenças entre si, no tocante ao número de frutos (capulhos).

TABELA 25. Peso (g) de algodão em caroço, média por planta; função dos genótipos e níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	84,67a	77,40a	64,53a	47,57a	30,53a
G2 - CNPA Precoce 2	84,27a	52,40a	64,00a	56,57a	33,97a
G3 - CNPA 7H	81,47a	74,37a	66,23a	43,87a	35,23a
G4 - CNPA Ac 93/15	70,27a	69,83a	60,38a	46,97a	34,47a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	77,67a	70,33a	45,53a	49,83a	38,63a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	11,20b	11,15b	9,30 b	0,0 b	1,75 b

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 29,40

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 26. Redução relativa (%) do peso do algodão em caroço/planta dos genótipos do algodoeiro, em função do níveis de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	8,59	23,79	43,82	63,94
G2 - CNPA Precoce 2	37,82	24,05	32,87	59,69
G3 - CNPA 7H	8,71	18,71	46,15	56,76
G4 - CNPA Ac 93/15	0,63	14,07	33,16	50,95
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	9,45	41,38	35,84	50,26
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	0,15	16,96	*	84,38

\* Não houve produção

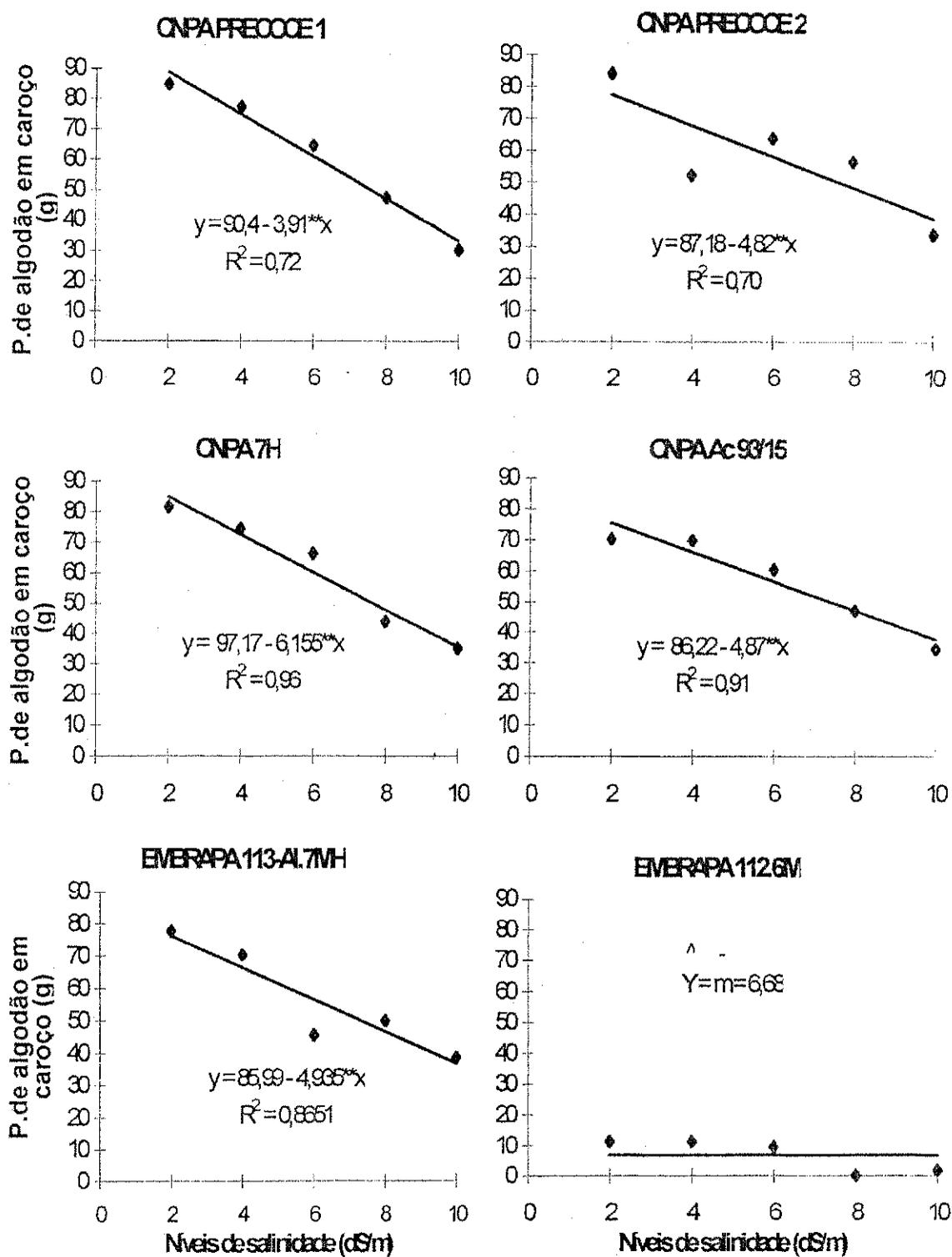


FIGURA 12. Efeito dos diferentes níveis de salinidade no peso médio de algodão em caroço (g) dos diferentes genótipos.

Arruda (1999) relata que o aumento do rendimento está associado tanto ao desempenho do número de capulhos por planta quanto ao seu peso.

Por ser quantitativo o fator níveis de salinidade, o efeito entre eles é melhor estudado através de regressão, conforme apresentado graficamente na Figura 12. Observa-se uma função linear negativa entre os genótipos, com curvas semelhantes entre si; à medida que aumentaram os níveis de salinidade, ocorre redução da produção média de algodão em caroço, resultados que estão de acordo com Mass & Hoffman (1977) e Andrade (1996), com exceção para a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M.

Analisando-se os dados contidos na Tabela 26, observa-se que a produção de algodão em caroço dos genótipos do algodoeiro foi muito reduzido, principalmente quando se compara com os resultados citados por Ayers & Westcot (1991), de salinidade limiar, em que o algodoeiro mantém seu rendimento máximo até 7,7 dS/m a 25° C. Andrade (1996) constatou um decréscimo de 19% na produção em caroço de cultivadas de algodoeiro em solo com 8 dS/m em relação a um solo com valor baixo de CE. No entanto, nesta pesquisa, verifica-se que, no nível de 4dS/m da água de irrigação, verificaram-se reduções de 37,82 para a cultivar CNPA Precoce 2.

A explicação está no teor alto de Na que havia no solo (Tabela 1), classificado como salino-sódico, demonstrando a alta sensibilidade de algumas cultivares a este elemento, além do elevado valor da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) (Tabela 2), que pode estar relacionado com a ineficiência das lixiviações de sais realizadas feita a 20%, como pelas adubações feitas após estas lixiviações, que permitiram um aumento gradativo da salinidade do solo, fato este já discutido anteriormente. Longenecker (1974), também estudando a influência do sódio sobre as características agrônômicas e propriedades da fibra, em duas cultivares de algodoeiro, Acala 15171 e Pima S-2, por um período de dois anos, observou que o sódio reduziu o crescimento, produção, número de frutos, peso de sementes, comprimento de fibra, resistência, finura, além de apresentar frutos pouco desenvolvidos.

#### 3.4.4. Peso da Matéria Seca de 100 sementes

Para esta variável foram constatados efeitos significativos entre os níveis salinos (N) e genótipos (G), bem como para os efeitos interativos destes fatores (Tabela 20). No entanto, o efeito da salinidade em cada genótipo só foi significativo na cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M.

Na comparação de médias (Tabela 27) entre as cultivares e linhagem pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ), observa-se que a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M apresentou os menores valores. Embora sem diferir estatisticamente, em alguns tratamentos, de outros genótipos, nota-se que nos níveis mais altos de CE, o peso de 100 sementes produzidas pela EMBRAPA 112-Algodão.6M foi muito baixo.

Relativamente aos outros genótipos, verifica-se que a linhagem CNPA Ac 93/15 e a cultivar CNPA 7H tenderam a produzir sementes mais pesadas, até em condições de maior salinidade.

De acordo com a análise de regressão (Figura 13), observa-se que apenas a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M foi afetada pelos níveis de salinidade, verificando-se um decréscimo no peso médio de 100 sementes/planta. Quando se comparam os dados de cada genótipo com o respectivo valor obtido no tratamento de 2 dS/m, obtém-se a redução relativa, conforme exposto na Tabela 28. Nota-se que, em geral, excetuando-se a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M, a partir de 8 dS.m<sup>-1</sup>, o aumento da salinidade não afetou o peso das sementes.

#### 4.4.5. Porcentagem de Fibra

Analisando os valores do Quadrado Médio para esta variável contidos na Tabela 20, vê-se que, pela estatística houve efeito significativo de genótipos (G), níveis de salinidade (N) e da interação G x N. A significância para a interação deve-se ao efeito diferenciado dos tratamentos salinos N4 e N5 entre os genótipos.

Através da comparação das médias pelo teste de Tukey (Tabela 29), verifica-se que até 6 dS/m, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os genótipos. No entanto, a partir desse nível a porcentagem de fibra produzida pela cultivar

TABELA 27. Peso médio de 100 sementes por planta, em função dos fatores estudados.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - Precoce1	12,80ab	12,50a	11,90a	11,77a	11,77ab
G2 - Precoce 2	13,60ab	13,10a	12,73a	12,33a	11,93ab
G3 - CNPA 7H	14,60ab	14,50a	13,93a	13,73a	13,43a
G4 - CNPA Ac 93/15	16,77a	15,53a	14,53a	14,30a	14,33a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	12,03b	11,97a	11,70a	11,80a	11,17ab
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	12,57b	11,60a	11,23a	0,00b	8,13b

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 4,06

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 28. Redução relativa (%) da variável peso de 100 sementes/planta de cultivares e linhagem de algodoeiro, em função do nível de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
G1 - CNPA Precoce1	2,34	7,03	8,05	8,05
G2 - CNPA Precoce 2	3,68	6,40	9,34	12,28
G3 - CNPA 7H	0,68	4,59	5,96	8,01
G4 - CNPA Ac 93/15	7,39	13,36	14,73	14,55
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	0,50	2,74	1,91	7,15
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	7,72	10,66	*	35,32

\* Não houve produção

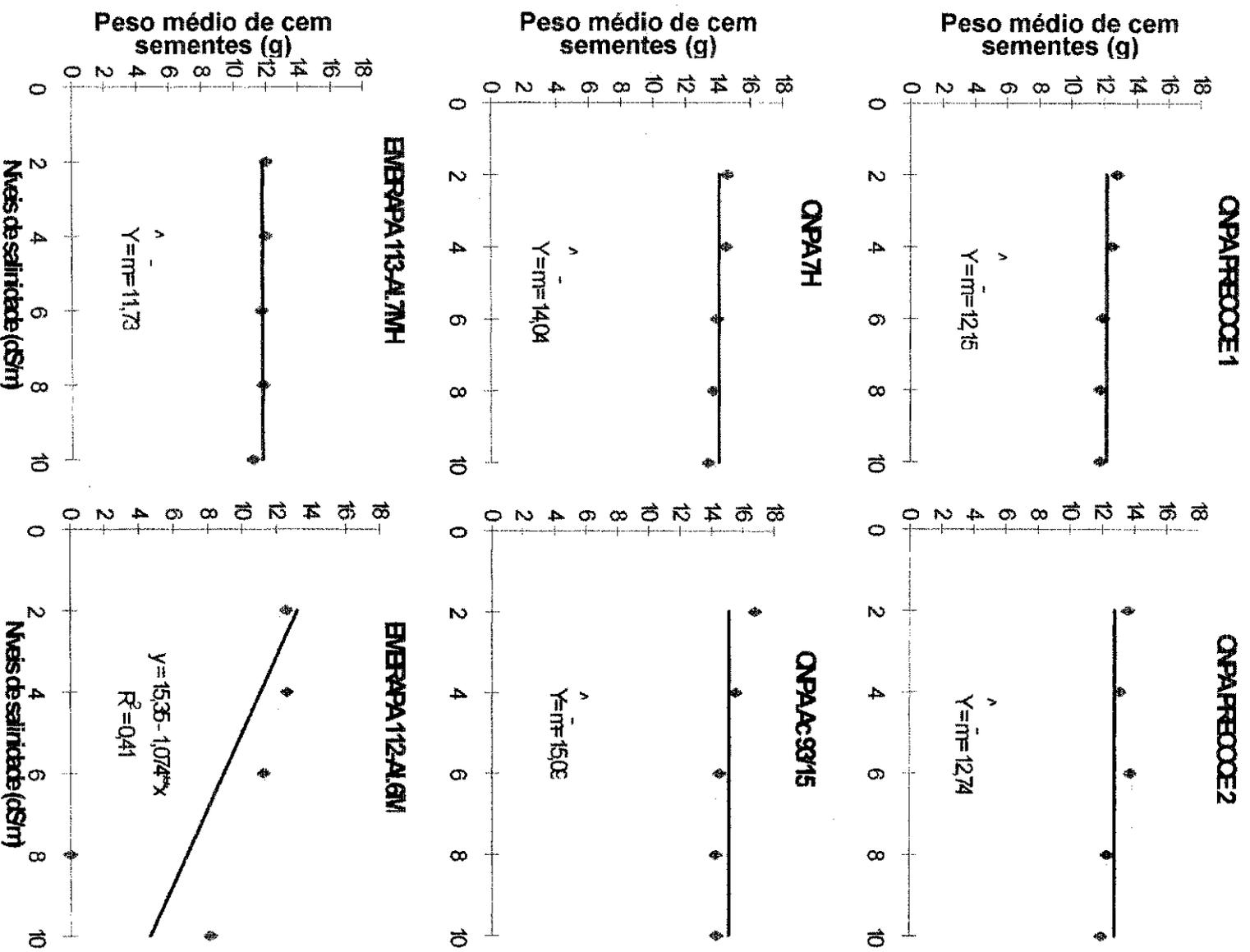


Figura 13. Peso médio de cem sementes (g) dos genótipos em estudo, relacionado aos diferentes níveis de salinidade.

EMBRAPA 112-Algodão.6M foi muito afetada pela salinidade. Ao contrário, a cultivar EMBRAPA 113-Algodão.7MH teve uma tendência de produzir mais fibra, embora não diferindo estatisticamente dos outros genótipos. Aplicando-se a análise de regressão aos dados, foram obtidos os gráficos expostos na Figura 14, não se constatando qualquer efeito importante entre tratamentos, com exceção da EMBRAPA112-Algodão.6M. Constatações semelhantes aconteceram também com outras variáveis de produção, deduzindo-se, assim, ser essa cultivar a mais sensível à salinidade que os demais genótipos, não produzindo satisfatoriamente. Pelo fato de ser descendente de um genótipo de algodoeiro arbóreo, provavelmente as condições a que estavam submetidas em casa de vegetação podem, em parte, ter mascarado os efeitos da salinidade.

O efeito significativo da interação G x N registrada na Tabela 20, pelos dados expostos na Figura 15 e na Tabela 30 (redução relativa), deve-se principalmente à cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M, muito afetado pelos tratamentos, com reduções de 20,33% já no nível de 4dS/m em relação ao de 2dS.m<sup>-1</sup>, pois nos demais genótipos não se observou influência dos efeitos dos tratamentos utilizados.

#### 4.4.6. Peso de Plumaz

Quanto ao peso de plumas, verifica-se ter havido efeito significativo (Tabela 20), tanto para os níveis de salinidade (N), como para as cultivares e a linhagem (G); embora não tenha sido registrado efeito estatisticamente significativo para a interação entre salinidade x cultivares/linhagem, observa-se que nos desdobramentos (G/N ou N/G) foram obtidos resultados positivos, melhor visualizados através dos dados contidos nas Tabelas 31 e 32 e Figura 15.

Com exceção da cultivar G6 (EMBRAPA 112-Algodão.6M), constata-se que nos outros genótipos foi linear o efeito da salinidade sobre o peso de plumas, diminuindo com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

Como foi discutido anteriormente, em geral houve efeito da salinidade sobre a produção de capulhos, algodão em caroço e peso de plumas, em todos os genótipos, sem contudo variar o peso de 100 sementes e a percentagem de fibras. Em todas essas variáveis a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M foi a mais

TABELA 29. Percentagem média de fibra/planta no final do experimento, em função de genótipos e níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - Precoce1	42,07a	41,73a	40,67a	40,57a	40,40a
G2 - Precoce 2	39,23a	39,03a	38,77a	37,50a	37,30b
G3 - CNPA 7H	40,50a	40,40a	40,03a	39,57a	38,70a
G4 - CNPA Ac 93/15	40,70a	39,00a	39,10a	36,67a	36,30ab
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	52,27a	42,63a	42,47a	42,27a	41,93a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	41,80a	33,30a	32,40a	0,00 b	23,57 b

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade)= 13,22

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 30. Redução relativa (%) da variável percentagem de fibra/planta de cultivares e linhagens de algodoeiro, em função do níveis de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
CNPA Precoce1	0,81	3,33	3,57	3,97
CNPA Precoce 2	0,51	1,17	4,41	4,92
CNPA 7H	0,25	1,16	2,30	4,44
CNPA Ac 93/15	4,18	3,93	9,90	10,81
EMBRAPA 113-AI.7MH	18,44	18,75	19,13	19,78
EMBRAPA 112-AI.6M	20,33	22,49	*	43,61

\* Não houve produção

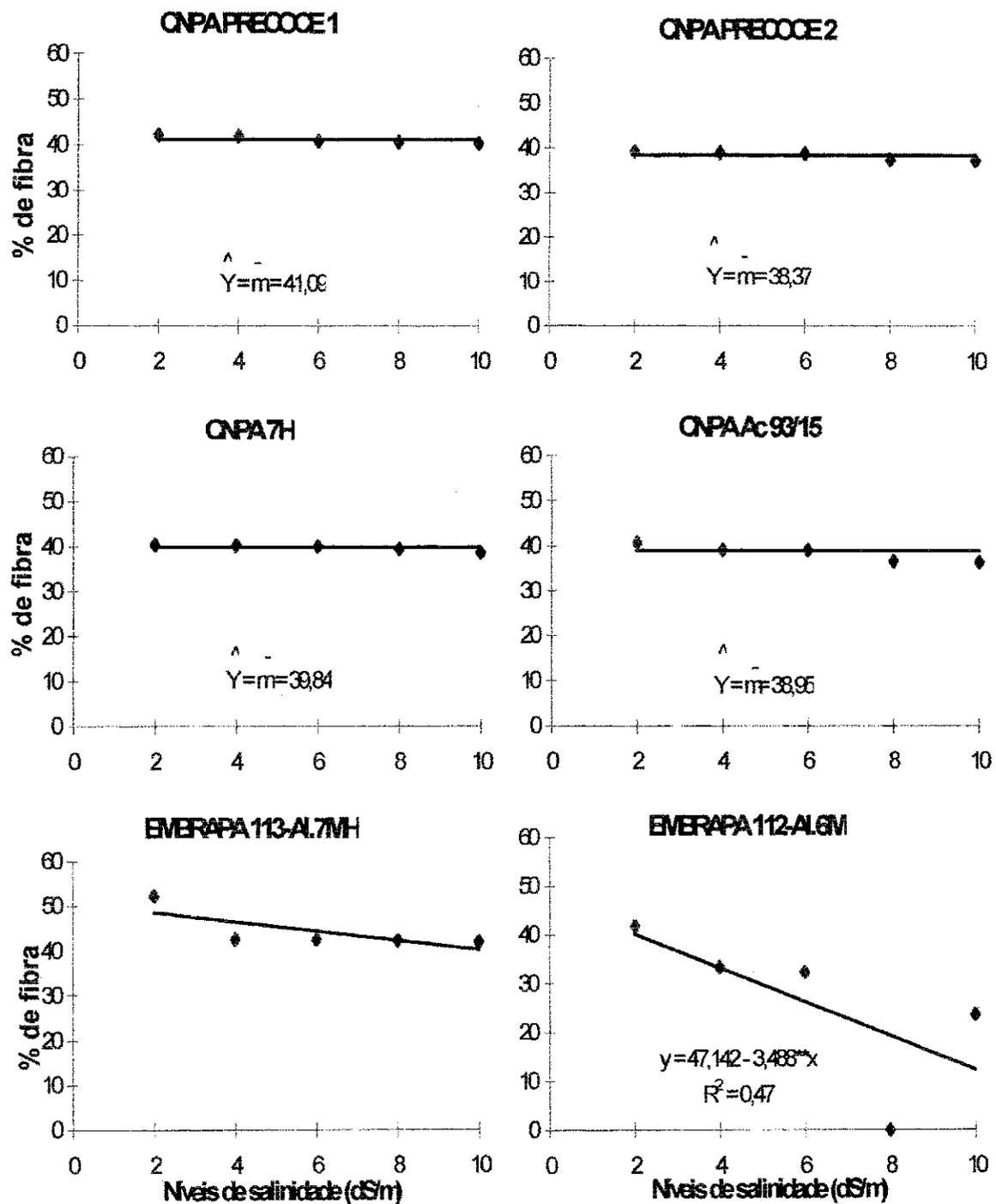


Figura 14. Percentagem de fibra dos vários genótipos em função dos diferentes níveis de salinidade.

afetada. Especificamente com relação ao peso de pluma, vê-se que até 6dS/m a linhagem CNPA Ac 93/15 foi pouco afetada pelos tratamentos salinos, com redução relativa (N3/N1) de apenas 15,58%, enquanto que nos demais genótipos o decréscimo de pluma foi superior a 20%, com exceção da CNPA 7H, que chegou a 16,60%. Em todos os níveis de salinidade a CNPA Ac 93/15 foi a que sofreu redução relativa de peso de plumas em menores percentuais (Tabela 32). A partir de 8 dS/m o aumento da concentração do solo provocou uma redução acentuada no peso de pluma em todas os genótipos pesquisados. No genótipo EMBRAP 112-Algodão.6M a redução foi acentuada já a partir de 6 dS/m.

A comparação das médias apresentadas na Tabela 31 mostra que a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M apresentou o menor peso, sendo diferente estatisticamente das demais. Observa-se ainda que no nível de 10dS/m os genótipos apresentam as menores médias, não diferindo entre si, sendo conseqüentemente, o nível mais prejudicial aos genótipos.

TABELA 31. Peso de plumas/planta no final do experimento, em função dos genótipos e níveis de sais.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)				
	N1	N2	N3	N4	N5
	2	4	6	8	10
G1 - Precoce1	34,30a	32,57a	25,90a	19,83a	12,40a
G2 - Precoce 2	33,30a	23,90a	22,10a	19,50a	13,20a
G3 - CNPA 7H	32,17a	29,80a	26,83a	16,97a	14,20a
G4 - CNPA Ac 93/15	28,43a	26,40a	24,00a	19,37a	15,03a
G5 - EMBRAPA 113-AI.7MH	32,57a	29,87a	23,00a	21,07a	16,50a
G6 - EMBRAPA 112-AI.6M	10,50 b	8,20 b	4,17 b	0,00 b	4,10a

d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade)= 12,41

\* Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 32. Redução relativa (%) da variável peso de plumas/planta de cultivares e linhagens de algodoeiro, em função do níveis de salinidade de 2dS/m.

Genótipos	Níveis de Sais (dS/m)			
	N2	N3	N4	N5
	4	6	8	10
CNPA Precoce1	5,04	24,49	42,19	63,85
CNPA Precoce 2	28,23	33,63	41,44	60,36
CNPA 7H	7,37	16,60	47,25	55,86
CNPA Ac 93/15	7,14	15,58	31,87	47,13
EMBRAPA 113-AI.7MH	8,29	29,38	35,31	49,34
EMBRAPA 112-AI.6M	21,91	60,29	*	60,95

\* Não houve produção

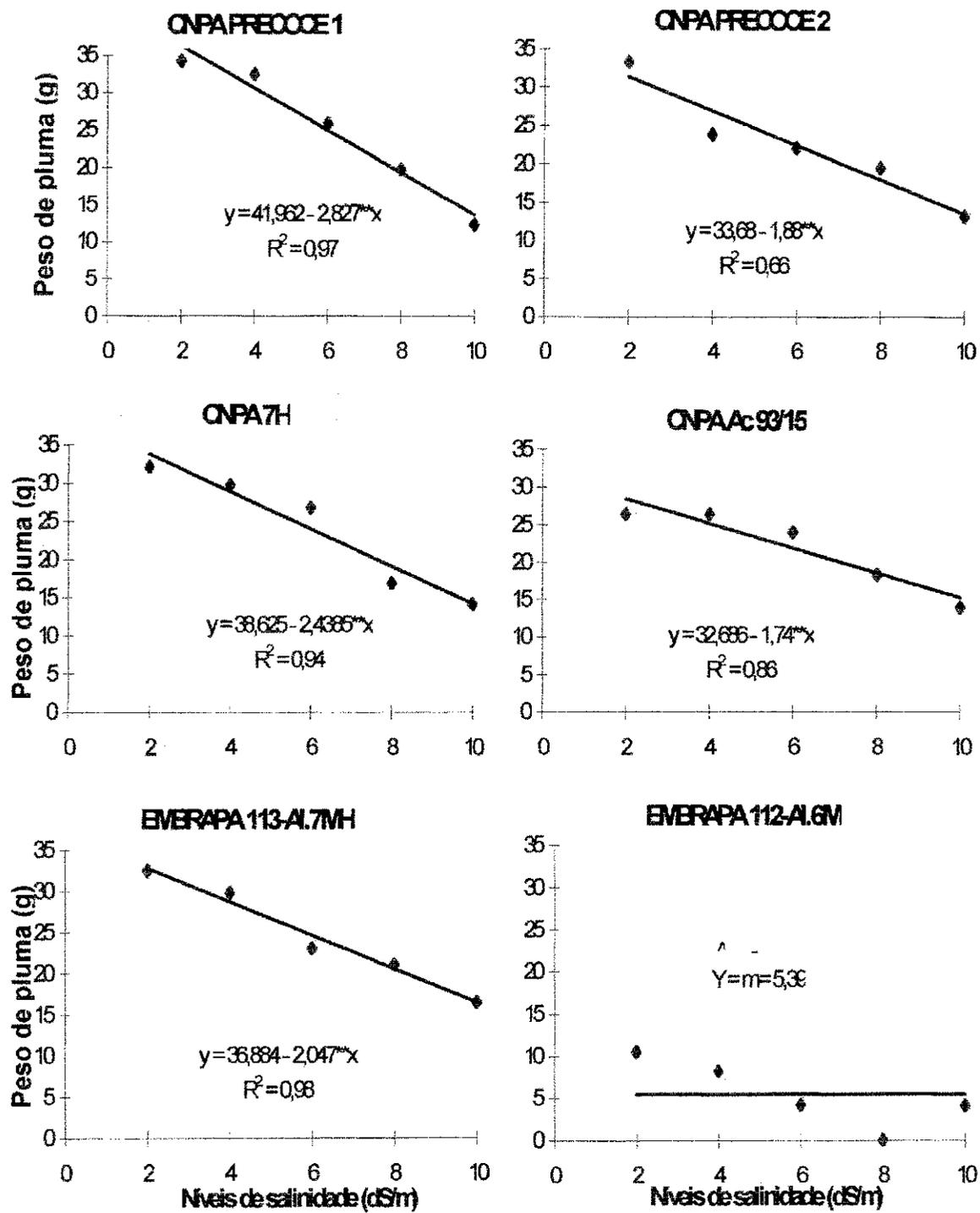


FIGURA 15. Peso de pluma (g) dos genótipos sobre os diferentes níveis de salinidade.

## 5. CONCLUSÕES

- 5.1. O consumo de água pela cultura diminui com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação principalmente para a cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M que baixou de 30,27L no nível de 2 dS/m para 12,18L em 10 dS/m;
- 5.2. O aumento da salinidade da água de irrigação diminui o ciclo de produção, nos tratamentos de CE mais altos, de 5,66% nos genótipos CNPA Precoce 1, CNPA 7H e CNPA Ac 93/15 e 15,25% para a cultivar CNPA Precoce 2, com exceção das cultivares EMBRAPA 113-Algodão.7MH e EMBRAPA 112-Algodão.6M que não tiveram redução de ciclo;
- 5.3. Não há influência da salinidade até o nível de 10dS/m da água de irrigação sobre o peso médio de 100 sementes e sobre a percentagem de fibra dos genótipos, com exceção da cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M, muito afetada pela salinidade nessas variáveis;
- 5.4. O peso da matéria seca de ramos e o de raízes são as variáveis mais prejudicadas pela salinidade, com reduções de 50,66% e 35,33% respectivamente já no nível de 2 dS/m;

- 5.5. As variáveis de crescimento são mais sensíveis ao estresse salino do que as de produção, independente do genótipo estudado;
- 5.6. A cultivar CNPA Precoce 2 tem uma tendência a ser mais sensível ao estresse salino;
- 5.7. A cultivar EMBRAPA 113-Algodão.7MH é mais tolerante à salinidade da água de irrigação em termos de crescimento, enquanto a linhagem CNPA Ac 93/15 apresenta maior tolerância em relação às variáveis de produção;
- 5.8. A cultivar EMBRAPA 112-Algodão.6M não se adapta às condições em que foi conduzido o experimento, sendo a mais afetada pela salinidade.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, S. G.; DOBRENZ, A K.; SCHONHORST, M. H. Heritability of NaCl tolerance in germination alfafa seeds. **Agron. J.**, Madison, v. 77, p.99-101, 1985.
- ALMEIDA, O A de; BELTRÃO, N. E. de. M.; GUERRA, H. O C. Efeito do encharcamento do solo no crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo. In: Reunião Nacional do Algodão, 6., 1990, Campina Grande. **Resumos**. Campina Grande: MARA/EMBRAPA-CNPA, 1990. p.187.
- ANDRADE, R. M. **Comportamento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) sob duas formas de aplicação e diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.** Lavras, UFLA. 1996. 97p. (Dissertação de Mestrado).
- ANSARI, R.; NAQUI, S. M.; ALA, S. A Growth and composition of two cultivares of *Triticum aestivum* as affected by soil salinity. **Soil science**, v.9, p. 443-453, 1978.

ARAD, S.; RICHMOND, A. Leaf cell water and enzyme activity. *Plant physiol.* Baltimore-Maryland. v. 57, p. 656-658, 1976.

ARNON, I. **Crop production in dry regions.** Londron: 1. Hill, 1972, 650p.

ARRUDA, F. P. de. **Emissão/abscisão de órgãos reprodutivos do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H, em função do sistema de manejo do solo e dos estresses hídrico e salino.** Areia, UFPB/CCA. 1999, 138p. (Dissertação de Mestrado).

ARAÚJO FILHO, J. B. de. **Efeitos de diferentes níveis de salinidade de solo na composição química da folha e crescimento de cultivares de bananeira (*Musa sp.*).** Campina Grande, UFPB/CCT. 1991, 87p. (Dissertação de Mestrado).

ASHLEY, D. A; DOSS, B. D.; BENNETT, O L. A method of determining leaf area in cotton. *Agronomy Journal.* V. 55, p. 584-585. 1963.

AUDRY, P.; SUASSUNA, P. A. A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido. Um Estudo de Caso. In: SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO DE PEQUENA IRRIGAÇÃO, 1990, Recife. *Anais.*; Recife-Pe, 1990, p. 147-153.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Tradução de H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros e F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem 29, Revisado 1) Tradução de: water quality for agriculture.

BARRIOS, J. **Prevencion de problemas de drenaje y salinidad de suelos irrigados.** Curso sobre Operacion y Matenimiento de Perimetros Irrigados. Juazeiro-BA: MINTER/SUDENE/IICA, 23p. 1976. (Spec. Tech. Publ., 416).

- BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G. de.; AZEVEDO, D. M. P. de.; NÓBREGA, L. B. da. **Plasticidade morfofisiológica do algodoeiro herbáceo em função da queda induzida das estruturas de reprodução.** Campina Grande-PB. EMBRAPA/CNPA. 1994. 40p. (Documentos, 40).
- BELTRÃO, N. E. de M. **Importância do algodoeiro para Campina Grande, Paraíba e o Nordeste.** Campina Grande - PB: EMBRAPA/CNPA. 1996a. não paginado.
- BELTRÃO, N. E. de M. **Informação atuais sobre o produto algodão no Brasil.** Campina Grande - PB: EMBRAPA/CNPA. 1996b. não paginado.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6ªed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1992. 657p.
- BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. **Amer. Jour. Bot.**, 48: 909 - 18, 1961.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. **Plant analysis and fertilizer problems.** 4: 25-45, 1964.
- BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: SHILFGAARD, J. van ed. **Drainage for agriculture.** Madison: Americam of Agronomy, 1974. Cap.3, p. 34-54 (Agronomy, 17).
- BHUMBLA, D. R.; SINGH, B.; SINGH, N. T. **Effects of salt on seed germination.** Indian Journal of Agricultural Research, v. 13, p. 181-185, 1968.
- BINGHAN, F. T., RHOADES, J. D., KEREN, R. Na Application of the Maas-Hoffman salinity response model for boron toxicity. **Soil Science Society Americam Journal**, v. 49, p. 672-674, 1985.

BLACK, C. A **Soil plant relationships**. 2ed. New York: John Willey and Sons Inc. 1968. 792p.

BOHN, H. L.; MCNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. **A soil chemistry**. 2.ed. New York: J. Wiley & Sons, 1985. 341p.

BOWER, C. A; FIREMAN, M. **Saline and alkali soils**. Soil Yearbook Agr., (U.S. Government Printing Office, Washington, p. 282-99. 1957.

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

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 878p.

BUSCH, C. D.; TURNER JÚNIOR, F. Sprinkler irrigation with high salt content water. **Trans. ASAE**, St. Joseph, v. 10, p. 494-496. 1967.

CARTER, D. L. **Problems of salinity in agriculture**. In: POLJAKOFF-MAYBER, A, GALE, J. (eds.) **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. Cap. 2., p. 25-35. (Ecological Studies, 15).

CHABRA, R.; SINGH, S. B.; ABROL, I. P. Effect of exchangeable sodium percentage on the growth yield and chemical composition of sunflower. **Soil. Sci.**, Baltimore, v. 127, p. 242-247, 1979.

CHAVAN, P. D.; KARADGE, B. A Influence of salinity on mineral nutrition of peanut (*Arachis hypogea* L.). **Plant soil**, Dordrecht, v. 1, p. 5-13, 1980.

CHRISTIANSEN, J. E.; OLSEN, E.; WILLARDSON, L. S. **Irrigation water quality evaluations**. J. Irrig. Drain. Div., n. 103, p. 155-169, 1977.

- CORDEIRO, G.G.; MILLAR, A. A. Problemas de sais nas áreas em operação agrícola do projeto de irrigação de São Gonçalo. In: CONGRESSO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 1978, Salvador. **Anais.**; Salvador-Ba, 1978, p.20.
- CORDEIRO, G. G. **Relatório técnico do treinamento realizado do curso internacional sobre drenagem e controle de salinidade.** Petrolina: CPATSA/EMBRAPA, 1984. 10p.
- CORDEIRO, G. G. Aspectos gerais sobre a salinidade em áreas irrigadas: origem, diagnóstico e recuperação. **Doc. Cient. Pesqui. Agropec. Trop. Semi-Árido/EMBRAPA**, Petrolina, n. 50, p. 1-16, 1988.
- CORDEIRO, J. C. **Salinidade da água, fonte e níveis sobre a germinação e formação de mudas de mamoeiro Havaí.** Areia-PB: UFPB/CCA, 1997, 49p. (Dissertação de Mestrado).
- COSTA, R. G.; GHEYI, H. R. Variação da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 19, n. 8, p. 1021-5, ago. 1984.
- COSTA, F. F. da. **Efeito de deficits hídricos no crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L. r. *latifolium* Hutch).** Campina Grande, UFPB/CCT. 1985, 92p. (Dissertação de Mestrado).
- CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura.** 4.ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p.
- CUTLER, J. M.; SHAHAN, K. W.; STEDONKNS, P. L. Dynamic of osmotic adjustment in rice. **Crop Sci.**, Madison, v. 20, p. 310-314, 1980.

- DAHIYA, S. S.; DAULTA, B. S.; AHLAWAT, V. P. Salt tolerance of fruit crops: a review. *Haryana J. Hort. Sci.*, v. 12, n.1-2, p.52-62, 1983.
- DAKER, A. **A Água na agricultura**. 7ªed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v. 3, 1988. 453p.
- DAY, P. R. Fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C. **A Methods of soil analysis**. Madison, Am Soc. Agr., 1965, p. 546-67. (Agronomy, 9).
- DINIZ, A F. **Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.)**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1979. 30p. (Dissertação de Mestrado).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento da culturas**. Tradução de H. R. Gheyi; A A de Sousa; F. A. V. Damasceno; J. F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem 33).
- EATON, F. M. Significance of carbonates in irrigation water. *Soil Science*, n. 69, p. 123-133, 1950.
- EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. (n.p.).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). **Recomendações técnicas para o cultivo do algodoeiro herbáceo de sequeiro e irrigado nas regiões Nordeste e Norte do Brasil**. Campina Grande, 1993. 72p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnico, 17).
- EPSTEIN, E.; RAINS, D.W. Advances in salt tolerance. *Plant and soil*, n. 99, p.17-29, 1987.

- FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Rio de Janeiro: Ed. Campus: EMBRAPA, 1984. Cap 10, p. 302-2.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 18).
- FAO/UNESCO. **Irrigation drainage and salinity**. An International Source Book. Paris, Hutchinson/ FAO/UNESCO, 1973. 510p.
- FEIGIN, A. Fertilization management of crops irrigated with saline water. **Plant and Soil**, n.89, p.285-99, 1985.
- FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. v. 1, 362p.
- FORSYTHE, W. **Física de suelos**. Manual de Laboratório. Turrialba: IICA, 1975. 221p.
- FRANÇOIS, L. E.; MAAS, E. V.; DONOVAN, R. J. Effects of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. **Agron. J.**, Madison, v. 78, p. 1053-1058, 1986.
- FRENKEL, H.; HADAS, A; JUDY, W. A. The effects of salt precipitation and high sodium concentrations on soil hydraulic conductivity and water retention. **Water Resour. Res.**, Washington, v. 14, p. 217-222, 1978.
- GALE, J. **Water balance and gas exchange of plants under saline conditions**. In: POLJAKOFF-MAYBER, a GALE, J., ed **Plants in Saline Environments**. Berlin, Springer-Verlag, p. 168-85, 1975.
- GAUSMAN, H. W.; BAUR, JR., P. S.; PORTERFIELD, M. P. Effects of salt treatment of cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.) on leaf mesophyll cell microstructure. **Agron. J.**, Madison, v. 64, p. 133-135, 1972.

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de.; BATISTA, M. A F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos.** Documento elaborado para Escola Superior de Agronomia de Mossoró - Rn, 1991, 70p.

GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. In: **Simpósio "Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada.** Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

GODOY, R. **Testes de vigor em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.).** Piracicaba, ESALQ, 1975. 125p. (dissertação de Mestrado).

GOES, E. S. de. **O problema de salinidade e drenagem em projetos irrigados do nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento.** Recife: MINTER/SUDENE, 1978. 20p.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 8ª ed., São Paulo, Nobel, 1985. 466p.

GONDIN, J. G. C. **Solos para agricultura.** Recife: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. 1973. 20p.

GREENWAY, H. Salinity, plants growth and metabolism. **J. Austral. Inst. Agric. Sci.**, 39: 24-34, 1973.

HEBRON, D. **Os problemas de salinização na irrigação.** Recife, SUDENE - Divisão de Documentação. 17p. 1967.

HOFFMAN, G. J.; PHENE, C. Effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. **Transactions of the ASAE.** 14: 1102-06, 1971.

- HOFFMAN, G. J.; RWALINGS, S. L.; GARBER, M. J. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. **Agron. J.**, Madison, v. 63, p. 822-826, 1971.
- HOORN, J. W. van. **Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects.** In: SALINITY SEMINAR, BAGHIDAD. Rome: FAO, 1971. P.117-35. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 7).
- HOORN, J. W. van; ALPHEN, J. G. van. **Salinity control: salinity control, salt balance and leaching requirement of irrigated soils.** Wageningen: Agricultural University of Wageningen, 1988. 96 p. (Lectures notes for the Twenty-ninth International Course on Land Drainage, Wageningen-The Netherlands, 1990).
- HOWELL, T. A.; HATFIELD, J. L.; RHOADES, J. D. Response of cotton water stress indicators to soil salinity. **Irrig. Sci.**, Heidelberg, v. 5, p. 25-36, 1984.
- ISRAELSEN, O W.; HANSEN, V. E. **Princípios y aplicaciones del riego.** 2ed. Barcelona: Reverti, 1965. 379p.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. 498p.
- JP-ENCO-TAHAL. **Plano diretor de águas e solos do município de Campina Grande.** Prefeitura Municipal de Campina Grande/ S. A A R. H., 1995. 320p.
- KADDAH, M. T.; GHOWAILL, S. I. Salinity effects on the growth of corn at different stages of development. **Agron. J.**, Madison, v. 56, p. 214-217, 1964.
- KAMPHORST, A.; BOLT, G. H. Saline and sodic soils. In: BOLT, G. H. & BRUGGENT, M. G. M. (eds.). **Soil Chemistry.** Amsterdam: Elsevier

Scientific Publishing Company, 1976. v.1, p.171-91. (Developments in Soil Science, 5A).

KHALIL, M. A; AMER, F.; ELGABALY, M. M. A salinity fertility interactions study of corn na cotton. **Soil Sci. Am. Proc.**, Madison, v. 81, p. 683-686, 1967.

KOVDA, V. A **La aplicación del drenaje en la recuperación de suelos salinos.** Academia de Ciências de la Urss. Tradução de J. L. Lanes. 1964, 217p.

KOVDA, V. A.; YARON, D. & CHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V.A.; BERG, C. van den, HAGAN, R.M. (eds.) **International source book on irrigation, drainage. And salinity.** London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, 1973. Cap.7, p. 177-205.

KRAMER, P. I. **Plant e soil water relationships: a modern synthesis.** New York: Macgraw Hill, 1969. 482p.

KRAMER, P. J. **Relaciones hidricas de suelos y plantas: una sintese moderna.** México: Edutex, 1974. 538p.

LACERDA, D. A; CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, J. E. Dispersão de argila e acúmulo de sais em dois solos não salinos irrigados com água salgada. In: CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS, 1993, Areia: CCA/UFPB. **Anais.**, Areia-PB, 1993, p. 5-12.

LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade da água de açudes do Nordeste semi-árido brasileiro.** Recife: SUDENE/DPG/PRN/Grupo de Trabalho de Hidrometeorologia, 1989. 95p. (SUDENE. Hidrologia, 26).

LAUCHI, A. & EPSTEIN, E. **Mechanisms of salt tolerance in plants.** In: California Agricultura. v. 38, n. 10. p.18-21. 1984.

- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses: water, radiation, salt and other stresses**. 2ed. New York: Academic, 1980. v. 2, 607p. il. Chap. 4: salt stresses, p. 363-488.
- LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: **Simpósio "Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura"**. GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed.). Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p. 113-136.
- LONGENECKER, D. E. The influence of high sodium in soil upon fruting and shedding, boll characteristics, fiber properties and yields of two cotton species. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 118, p. 387-396, 1974.
- MAAS, E. V. **Salt tolerance of plants**. The Handbook of Plants Science in Agriculture. Boca Raton, Florida. CRL. Press, 1984.
- MAAS, E. V. Crop tolerance to saline sprinkling waters. **Plant and Soil**, n. 89, p. 273-284, 1985.
- MAAS, E. V. Salt tolerance of crops. **Applied Agric. Research**, v. 1, n.1, p.12-26, 1986.
- MAAS, E. V. & HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - current assessment. In: **Journal of the Irrigation and Drainage Engineering**, v. 103, p. 115-134, 1977.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Tolerancia de los cultivos a las sales. **Bol. Tel. Dep. Irrig./Univ. Autôn. Chapingo**, México, n. 9, p. 1-18, 1980.
- MAGALHÃES, J. R. de. Nutrição mineral do alho. **Inf. Agropec.**, v. 12, n. 142, p. 20-30, 1986.

- MALAKANDIAIAH, N.; KAJESWARARAO, G. Effect of fofin application of phosphorus on growth and mineral composition in peanut plants (*Arachis hipogea* L.) under salt stress. **Plant and soil**. v. 52, n. 1, p. 41-48, 1979.
- MARINHO, F. J. L. **Avaliação do crescimento e desenvolvimento de mudas de abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) cv. Smooth cayanne, em diferentes salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB/CCT/DEAg, 1996. 90p. (Dissertação de Mestrado).
- MARTINEZ BELTRAN, J. **Drenage agrícola**. Madrid: IRYDA, 1986. 23p. (IRYDA, Manual Técnico, 5).
- McGEORGE, W. T. **The salinity problems**. Safford Experiment Farm Laboratory Studies. University of Arizona, Technical bull. 125. 1952. (n.p.).
- McNEAL, B. L.; COLEMAN, N. T. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. **Soil Sci. Amer. Proc.**. Madison, v. 30, p. 308-312. 1974.
- MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB/CCT/DEAg, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- MEDEIROS, E. V. de. **Efeitos da salinidade na água de irrigação sobre a germinação, vigor de sementes e desenvolvimento de plantas de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch)**. Areia: UFPB/CCA. 1996. 51p. (Monografia de Graduação).
- MEIRE, A; MOR, E.; POLJAKOFF-MAYBER, A Effects of time of exposure to salinity on growth, water status and salt accumulation in bean plants. **Am. Bot.**, New York, v. 34, p. 383-389, 1970.

- MENINO, I. B. **Caracterização física e química dos solos do perímetro irrigado de Arco Verde do município de Condado-Paraíba.** Areia: UFPB/CCA, 1983. 72p. (Dissertação de Mestrado).
- MOLEN, W. H. van der. **Salt balance and leaching requirement.** In INTERNATIONAL INSTITUTE OF LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT. *Drainage Principles and Applications.* Wageningen: ILRI, 1974. v. 2, cap. 9, p. 59-100. (ILRI. Publication, 16).
- MUSTAFA, M. A; ABDELMAGID, E. A **Interrelationships of irrigation frequency, urea, nitrogen, and gypsum on forage sorghum growth on a saline sodic clay soil.** *Agron. J.*, Madison, v. 74, p. 447-450, 1982.
- NAVARRO, E. A **El ensalitramiento de los suelos bajo riego.** México: Colégio de Postgraduados de Chapingo, 1979. 382p.
- NUNES FILHO, J.; GUERRA, C. A M.; SOUZA, A R.; SÁ, V. A L.; SOARES, M. J. C. C. **Qualidade da Água de Açudes, para fins de Irrigação no Sertão de Pernambuco.** *ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna.*, Brasília, n. 44, p. 35-39, 1991.
- NUNES FILHO, J. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) em função da salinidade e umidade do solo.** Botucatu: UNESP, 1993. 96p. (Tese de Doutorado em Agronomia).
- OSTER, J. D. & SCHRDER, F. W. **Infiltration as influenced by irrigation water quality.** *Soil Science. Society of American Journal*, v. 43, p. 444-447, 1979.
- PALACIOS, V. O; ACEVES, N. E. **Instructivo para el muestro, registro de dados e interpretacion de la calidad del agua para riego agrícola.**

Chapingo: Colégio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1970. 49p. (Rama de Riego y Drenage, 15).

PEARSON, G.A. **Tolerance of crops to exchangeable sodium**. Washington: USDA Information Bulletin, 216. 1960. não paginado.

PEREIRA, M. do. N. B.; AZEVEDO, N. C. de.; FERNANDES, P. D.; AMORIM NETO, M. da S. Crescimento e desenvolvimento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo em baixos níveis de umidade do solo, em casa de vegetação. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 1, p. 1-7, 1997.

PEREIRA, M. R.; ANDRADE, A. G. Efeito da concentração salina do desenvolvimento do tomateiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5, 1980, São Paulo. **Anais**.; São Paulo-SP: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1980. p. 315-423.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. 2ª ed. Madrid: Editora agrícola Española S. A., 1985. 542p.

PRIMAVESI, A. **Agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel. 541p, 1980.

PRISCO, J. T.; O'LEARY, J. W. **Osmotic an toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgares*. L. seeds**. Turrialba, v. 20, n. 2, p. 177-184, 1970.

POLJAKOFF-MAYBER, A; GALE, J. (eds.). **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. 213p. (Ecological Studies, 15).

POSTEL, S. **Water for agricultural: facing the limits**. Worldwatch Paper 93. Worldwatch Institute. Washington, 54p. 1989.

- REEVE, C. R.; FIREMAN, M. Salt tolerance in relation to irrigation. In: R. M. HAGAN; R. H. HAISE; T. N. EDMINSTER; **Irrigation of Agricultural Lands**. Amer. Soc. Agron. p. 998-1003, 1967.
- RIBEIRO, F. L. **Efeito do sódio no desenvolvimento do algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* L.)**. Areia: UFPB/CCA, 1982. 109p. (Dissertação de Mestrado).
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S. Depart. of Agriculture, 1954. 160p. (USDA, Agriculture Handbook, 60).
- RICHARDS, L. A. **Diagnostico y reabilitacion de suelos salinos y sodicos**. 6ed. México: Limusa, 1980. 160p. il. (Manual de Agricultura, 60).
- RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. **Soil Science**, v. 113, p. 277-84, 1972.
- RHOADES, J. D. Drainage for salinity control. In: van SCHILFGAARDE, J. (eds.). **Drainage and Agriculture**. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, 1974, p. 433-468. (A.S.A. Agronomy, 17).
- RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: D. R. STEWART; D. R. NIELSEN, (eds). **Irrigation of Agriculture Crops**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1990. p. 1089-1142. (Séries Agronomy, 30).
- ROCHA FILHO, J. V. C.; OLIVEIRA, G. O; SARRUGE, J. R. Efeito do sódio na produção de matéria seca em mudas de duas cultivares de algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* L. var. Marie-Galante). Cv. "9193" e c-71. **Na. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz-Univer. São Paulo**, Piracicaba, v. 36, p. 605-613, 1979.

- SANTOS, R. V. dos & MURAOKA, T. Correlação de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro (*Vigna unguiculata*). In: XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 1997, Manaus. (Resumo). Manaus. 1997. não paginado.
- SEXTON, P. D.; GERARD, C. J. Emergence of cotton seedlings and influenced by salinity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 699-702, 1982.
- SHAINBERG, I. Ion exchange properties of irrigated soils. In: B. YARON; E. DANFORS; Y. VAADIA, (eds.) **Arid zona irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, cap.4, p.155-64, 1973. (Ecological Studies, 5).
- SHAINBERG, I. Salinity Soils - Effects of salinity on the physics na chemistry of soils. In: POLJAKOFF-MAYBER; J. GALE. **Plants in Saline Enviroments**. New York. Springer-Verlag, p. 39-55, 1975.
- SHAINBERG, I.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water**. Ottawa, Canada: International Irrigation Information Center, 1978. 65p.
- SHALHEVET, J. Irrigation with saline water. In: B. YARON; E. DANFORS; Y. VAADIA, (eds.) **Arid zona irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, cap.6, p.263-76, 1973. (Ecological Studies, 5).
- SHALHEVET, J.; HSIAO, T. C. Salinity and drought: a comparison of their effects on osmotic adjustment, assimilation, transpiration and growth. **Irrig. Sci.**, Heidelberg, v. 7, p. 249-264, 1986.
- SHALHEVET, J.; REINIGER, P. The development of salinity profiles following irrigation of field crops with saline water. **Isr. J. Agric. Res.**, Bet-Dagan, v. 14, p. 187-196, 1964.

- SILBERBUSH, M.; BEN-ASHER, J. The effects of salinity on parameters of potassium and nitrate uptake of cotton. **Soil Sci. Plant Nutr.**, Tokyo, v. 18, p. 65-81, 1987.
- SILVA, M. S. Efeitos de diferentes pré-tratamentos de sementes na germinação, desenvolvimento e produção do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em meio salino. Campina Grande, UFPB/CCT, 1981. 84p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, G. A. Efeito do estresse salino sobre o crescimento, estado hídrico e nutricional do algodão. Areia, UFPB/CCA, 1996. 68p. (Monografia de Graduação).
- SMEDEMA, L. K., RYCROFT, D. P. **Land Drainage: planning and design of agricultural drainage systems**. London: Batsfort, 1988. 376p.
- SOUSA, M. R. de. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Lavras, UFLA, 1995. 94p. (Dissertação de Mestrado).
- SUASSUNA, J. A pequena irrigação no Nordeste: algumas preocupações. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro. v. 18, n. 104, p. 37-43, 1994.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Co., 1980. 481p.
- STARK, J. C.; JARREL, L. W. M. Salinity: induced modifications in the response of maize to water deficits. **Agron. J.**, Madison, v. 72, p. 745-748, 1980.
- STROGONOV, B. P. **Physiological bases of salt tolerance of plants**. Jerusalem, Israel: Prog. Scient. Transl., 1964. 279p.

- STROGONOV, B. P.; SHEVYAKOVA, N. I.; KABANOV, V. V. Diamines in metabolism of plants under conditions of salinization. **Fisiol. Rast.** v. 19, p. 1098-1104. 1972.
- TANJI, K. K.; HANSON, B. R. Drainage and return flows in relation to irrigation management. In: STEWART, B. A, NIELSEN, D. R. (co-eds.). **Irrigation of Agricultural Crops**. Madison: American Society Agronomy, cap. 35, p. 1057-87, 1990. (Monograph, 30).
- TAYLOR, H. M.; KLEPPER, B. Water relations of cotton. I. Root growth and water use as related to top growth and soil water content. **Agron. J.**, Madison, v. 66, p. 584-588, 1974.
- TAYLOR, M. H.; YOUNG, E. F.; RIVEIRA, R. L. Salt tolerance in cultivars of grain sorghum. **Crop. Sci.**, Madison, v. 15, p. 734-735, 1975.
- TERRY, N.; WALDRON, L. J. Salinity, photosynthesis and leaf growth. **Calif. Agric.**, Berkeley, v. 38, p. 38-39, 1984.
- THOMAS, J. R.; WIEGAND, C. L. Osmotic and matric suction effects on relative turgidity, temperature and growth of cotton leaves. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 109, p. 85-92, 1970.
- THORNE, D. W.; PETERSON, H. D. **Irrigated soils: their fertility and manegement**. New York: McGraw-Hill, 1955. 483p.
- TRAJANO, M. D. M. **Acumulo de sais no solo e comportamento de algumas plantas tratadas com água salina**. Areia, UFPB/CCA. 1992. 102p. (Dissertação de Mestrado).
- UHIVITS, R. **Effect of osmotic presure on water absorption and germination of alfafa seeds**. *Amer. J. Bot.* 33: 278-285, 1946.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará.** 1993.

U.S. SALINITY LABORATORY STAFF. **Diagnosis and improvement saline and alkali soils.** S.b. U.S.D.A, 1954. 100p. (Handbook, 60).

VAN ALPHEN, J. G. & VERHOEVEN, B. **Salt-affected Soils and their Reclamation.** Wageningen, 22 Internat. Course on Land Drainage. 1983. 34p.

VASCONCELOS, M. F. de. **Comportamento de cultivares do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) sob diferentes percentagens de sódio trocável.** Campina Grande, UFPB/CCT/DEAg, 1990. 76p. (Dissertação de Mestrado).

WILCOX, L. V.; BLAIR, G. Y.; BOWER, C. A Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. **Soil Sci.**, n. 77, p. 259-66, 1954.

WILCOX, L.V.; DURUM, W.H. Quality of Irrigation. In: R. M.HAGAM; R.H. HAISE; T. W. EDMINISTER, (eds.). **Irrigation of Agricultural Lands.** Madison: Amer. Soc. Agron., cap. 9, p. 104-22, 1967. (Agronomy, 11).

WITHERS, B.; VIPOND, S. **Irrigação: projeto e prática.** São Paulo: EPU, 1988. 339p.

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: B. YARON; E. DANFORS; Y. VAADIA (eds.). **Arid Zone Irrigations.** Berlin: Springer-Verlag. cap. 4, p.71-85, 1973. (Ecological Studies, 5).

YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (eds.). **Arid zone irrigation.** Berlin: Springer-Verlag, 1973. 434p. (Ecological Studies, 5).