

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
PRO-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CRESCIMENTO DA BANANEIRA NANICA (Musa sp.) SOB DIFERENTES
QUALIDADES DE AGUA DE IRRIGAÇÃO

POR

JOSE GERALDO RODRIGUES DOS SANTOS
(ENGENHEIRO AGRONOMO)

CAMPINA GRANDE - PARAIBA

NOVEMBRO/1990

CRESCIMENTO DA BANANEIRA NANICA (Musa sp.) SOB DIFERENTES
QUALIDADES DE AGUA DE IRRIGAÇÃO

JOSE GERALDO RODRIGUES DOS SANTOS

CRESCIMENTO DA BANANEIRA NANICA (Musa sp.) SOB DIFERENTES
QUALIDADES DE AGUA DE IRRIGAÇÃO.

Dissertação apresentada ao corpo docente da Coordenação dos Cursos de Pós-Graduação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.).

AREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia de Recursos Hídricos

AREA DE ESTUDO: Irrigação e Drenagem

ORIENTADOR: HANS RAJ GHEYI

CAMPINA GRANDE - PARAIBA

NOVEMBRO/1990

AP-L-FI 85



S237c Santos, Jose Geraldo Rodrigues dos
Crescimento da bananeira nanica (Musa sp.) sob
diferentes qualidades de agua de irrigacao / Jose Geraldo
Rodrigues dos Santos. - Campina Grande, 1990.
78 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Agricultura Irrigada 2. Bananeira - 3. Irrigacao - 4.
Agronomia - 5. Bananeira Nanica 6. Dissertacao I. Gheyi,
Hans Raj, Dr. II. Universidade Federal da Paraiba - Campina
Grande (PB) III. Titulo

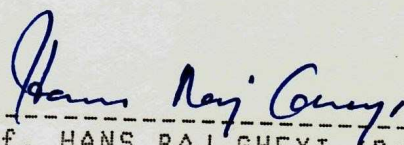
CDU 631.37(043)

CRESCIMENTO DA BANANEIRA NANICA (Musa sp.) SOB DIFERENTES
QUALIDADES DE AGUA DE IRRIGAÇÃO

POR

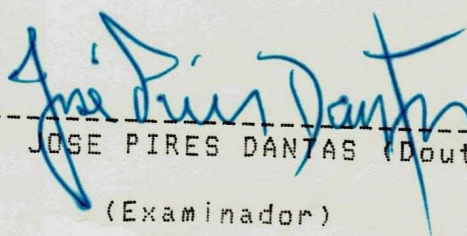
JOSE GERALDO RODRIGUES DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23 / 11 / 1990



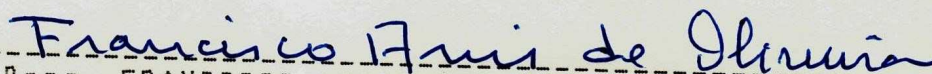
Prof. HANS RAJ GHEYI (Doutor)

(Orientador)



Prof. JOSE PIRES DANTAS (Doutor)

(Examinador)



Pesq. FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA (Doutor)

(Examinador)

Em memória a minha mãe
Maria Rodrigues dos Santos,
que não mediu esforços para
a formação moral e intelectual
dos seus filhos.

MINHA HOMENAGEM

A meu pai,

José Ferreira dos Santos

A minha esposa,

Célia Maria Xavier dos Santos

A minhas filhas,

Gabriele, Camila e Emmanuelly

A meus irmãos,

Arlindo, Arnaldo, Dorgival,

Valdeci, Dalva e Dôra.

DEDICO

A G R A D E C I M E N T O S

A Deus, que me fez participante de sua filiação, inteligência, bondade e vida, nunca me abandonando nos momentos difíceis.

A meus pais, que fizeram o possível e o impossível para que seus filhos tivessem uma vida digna e com perspectivas futuras melhores, tendo sempre como meta principal a formação moral e intelectual.

A minha esposa e filhas, pelo carinho, paciência, incentivo e apoio dedicados durante todo o período de realização do curso.

Ao Prof. Hans Raj Gheyi, pela dedicada e objetiva orientação na condução do trabalho, bem como pela sincera amizade e distinta consideração.

A EMATER, em especial ao seu Diretor Técnico, Eng^o Agr^o José Marinho de Lima, pela seleção e motivação para realização do Mestrado.

Ao PRONI/CNPq pela valiosa ajuda financeira através da concessão de bolsa de estudo e de auxílio pesquisa.

Aos professores Hans Raj Gheyi, Hugo Orlando Carvallo Guerra, Gilvan Rodrigues de Oliveira, Hamilton Medeiros de Azevedo, Norma Cezar de Azevedo, Francisco Antonio Moraes de Souza, José Elias da Cunha Metri, José Dantas Neto, Cícero Agostinho Vieira, Ana Maria Vilar Campos Catão e Maria José dos Santos, pelos ensinamentos no presente curso.

Aos professores Ralf B. Clark, do Departamento de Agronomia da Universidade de Nebraska, U.S.A, e Pakalpati S. Raju, bolsista do CNPq, pela valiosa colaboração na realização de parte das análises foliares.

Ao Prof. Francisco Antonio Moraes de Souza, do Departamento de Matemática e Estatística do CCT/UFPB - Campus II, e os agrônomos Elson Soares - EMEPA e José Wellington - CNPA, pela valiosa colaboração na realização do estudo estatístico.

Aos professores examinadores José Pires Dantas e Francisco Assis de Oliveira, pelas valiosas sugestões na elaboração da dissertação.

A coordenação, professores e colegas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, pela contribuição científica e proveitosas amizades.

Aos colegas José Bezerra de Araújo Filho, Euclidenor Jerônimo Leite, Manoel Ferreira de Vasconcelos e Walter Santana de Souza, pelo apoio efetivo na realização do trabalho.

Ao técnico agrícola José Maria da Silva, pela valiosa ajuda no trabalho experimental na casa de vegetação.

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, pelo fornecimento da água utilizada no experimento.

Aos funcionários do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-Pb, pela valiosa colaboração na aquisição das mudas de bananeira.

Ao gerente do Perímetro Irrigado de Sumé-Pb, pelo fornecimento do solo utilizado no experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade do CCT/UFPB - Campus II, pela valiosa colaboração na realiza-

ção das análises.

Aos funcionários do Laboratório do DNOCS, especialmente ao Dr. Vicente Fernandes Monteiro, pela colaboração na realização de análises de solo e de água.

As bibliotecárias Maria das Graças Lima - EMEPA, Nívea Marta Soares Gomes - CNPA e Elizabete de Oliveira Serrano - CNPA, pelo valioso apoio na revisão bibliográfica.

Ao desenhista Demóstenes Cardoso Taveira Neto, pelos trabalhos de desenho.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade e tipos de água no crescimento da bananeira Nanica e nas características químicas do solo. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, utilizando-se um solo aluvial eutrófico de textura franco arenosa e adotando-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial, com 4 repetições. Estudou-se 2 tipos de água (predominantemente bicarbonatadas ou cloretadas) e 4 níveis de salinidade (concentrações de 2, 10, 25 e 40 meq/l), preparadas adicionando-se volumes adequados de NaHCO_3 , CaCl_2 , MgCl_2 e NaCl na água utilizada para testemunha (2meq/l), mantendo-se a proporção de 7:3 ou vice-versa entre HCO_3 e Cl e a relação de 7:1,5:1,5 entre Na, Ca e Mg, respectivamente. As mudas de bananeira foram plantadas em recipientes plásticos (\varnothing 32 x 16 cm) contendo 16 kg de solo e irrigadas com as respectivas águas durante 150 dias. Em intervalos mensais, o volume de água utilizado nas irrigações era ajustado de tal forma que permitia uma lixiviação equivalente a 10% da água utilizada no período.

Os resultados mostraram que o crescimento da bananeira não foi afetado significativamente pelos tipos de água utilizados, no entanto, para níveis de salinidade verificou-se reduções significantes em todas as variáveis estudadas (altura de planta, diâmetro do pseudocaule, áreas foliares e pesos secos das partes

aérea e radicular), sendo que os efeitos mais drásticos foram observados em concentrações a partir de 25 meq/l. Entre as variáveis estudadas, o peso seco da raiz foi a mais afetada por níveis de salinidade, mostrando uma redução de até 93% no tratamento com 40 meq/l, em relação a testemunha. A salinidade de água, além de reduzir o tamanho da folha, provocou um atraso de até 8 dias na sua abertura completa. Quanto aos teores de elementos (N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Cu, Zn, Na e Cl) na folha, aos 150 dias, os tipos de água só tiveram influências significativas nos teores de Na e Cl, enquanto os níveis de salinidade da água de irrigação afetaram significativamente os teores de P, K, S, Mn, Na e Cl, sendo que os teores dos dois últimos foram mais afetados, havendo aumentos significativos com o aumento da salinidade.

Os volumes de água utilizados pela bananeira foram influenciados negativamente pelos níveis de salinidade. Nos tratamentos irrigados com águas a partir de 10 meq/l as folhas tornaram-se cloróticas e/ou necróticas, observando-se efeitos mais drásticos nos tratamentos mais salinos e em proporções maiores nas águas bicarbonatadas.

As análises de solos, após experimento, revelaram uma acumulação significativa de sais nos tratamentos com concentração a partir de 10 meq/l e em proporções maiores nas águas cloretadas.

A B S T R A C T

The objective of present study was to determine effects of different levels of salinity and types of water on growth of *Nanica banana* and in chemical characteristics of soil. The experiment was conducted in a greenhouse utilising an alluvial eutrophic soil of sandy loam texture and adopting a completely randomised factorial design with 4 replications. The factors studied were 2 types of water (predominantly bicarbonate or chloride) and 4 levels of water salinity (concentrations of 2, 10, 25 and 40 meq/l). The waters used in the study were prepared adding adequate volumes of solutions of NaHCO_3 , CaCl_2 , MgCl_2 and NaCl in the water used as control (2 meq/l) maintaining 7:3 proportion or vice-versa between HCO_3 and Cl and a ratio of 7:1.5:1.5 among Na, Ca and Mg, respectively. The banana suckers were planted in plastic recipients (32 x 16) containing 16 kg of soil and were irrigated with respective waters during 150 days. At monthly intervals, the volumes of water used in irrigation were adjusted in such a way to permit leaching equivalent to 10% of water used during the period.

The results obtained show that banana growth was not affected significantly by type of water however for all variables (height of plant, diameter of pseudostem, leaf area and dry weights of aerial parts and root) significant reductions with salinity levels were observed, although drastic effects were

verified in treatments with concentrations of 25 meq/l or above. Among the variables studied, dry weight of root was found to be most affected showing reductions of upto 93% in relation to control for 40 meq/l treatment. Water salinity levels besides reducing the size of leaf provoked delay of upto 8 days for full elongation of leaf. As for contents of N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Cu, Zn, Na and Cl in leaf, significant effects of different types of water were found only in case of Na and Cl whereas salinity levels affected significantly contents of P, K, S, Mn, Na and Cl, the last two being most affected showing significant increase with elevation of salinity.

The total volumes of water utilised by banana were influenced negatively by salinity levels. In treatments irrigated with waters containing 10 meq/l or above, chlorosis and necrosis was shown by the leaves and these effects were more pronounced in treatments with high salinity and with higher proportion of bicarbonate.

At the end of experiment, soil analysis revealed significant accumulation of salts in treatments with concentration of 10 meq/l or above and in higher proportion for chloride waters.

L I S T A D E T A B E L A S

	Pág.
TABELA 1 - Parâmetros para o cálculo do pHc da água de irrigação.....	08
TABELA 2 - Classificação da água de irrigação baseada na salinidade efetiva, segundo DONEEN (1954).....	09
TABELA 3 - Limites permissíveis para cloretos, segundo YARON (1973).....	10
TABELA 4 - Classificação da água de irrigação de acordo com CHRISTIANSEN et alii (1977).....	10
TABELA 5 - Classificação de água proposta por AYERS & WESTCOT (1985).....	11
TABELA 6 - Tolerância das principais fruteiras à salinidade e seus rendimentos potenciais, em função de salinidades de água e solo (AYERS & WESTCOT, 1985).....	19
TABELA 7 - Características físicas, hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.....	27
TABELA 8 - Características química da água utilizada como testemunha.....	29
TABELA 9 - Volumes de água utilizados nas irrigações, por tratamentos, no período de realização do estudo.....	31
TABELA 10 - Resumo de análises de variância de altura de planta, diâmetro do pseudocaule, áreas foliares e pesos secos de bananeiras Nanica, aos 150 dias, sob diferentes qualidades de água de irri-	

gação.....	42
TABELA 11 - Valores médios de altura de planta, diâmetro do pseudocaule, áreas foliares e pesos secos de bananeiras Nanica, aos 150 dias, em função de tipos de água e níveis de salinidade.....	43
TABELA 12 - Equações de regressão das variáveis estudadas (Y) em função do nível de salinidade da água de irrigação (X), para a cultura da bananeira Nanica, aos 150 dias do plantio.....	43
TABELA 13 - Teores médios de diferentes elementos na folha da bananeira nanica, aos 150 dias do plantio, sob diferentes qualidades de água de irrigação, comparados com os da Amostragem Internacional de Referência (AIR).....	55
TABELA 14 - Análises de variância dos teores médios de diferentes elementos na folha da bananeira Nanica, aos 150 dias, sob diferentes qualidades de água de irrigação.....	56
TABELA 15 - Dados médios de análises químicas de solo, antes e após experimento.....	58
TABELA 16 - Equações de regressão para teores médios de nutrientes na folha da bananeira Nanica (Y) em função do nível de salinidade da água de irrigação (X), aos 150 dias do plantio.....	59
TABELA 17 - Valores médios do teor de sódio na folha da bananeira Nanica, aos 150 dias do plantio, em função do tipo de água e do nível de salinidade.....	61

- TABELA 18 - Número médio de folhas afetadas por cloroses e necroses, aos 150 dias do plantio, para os diferentes tratamentos.....62
- TABELA 19 - Volumes de água e teores de sais adicionados e extraídos, durante todo o período experimental, para os diferentes tratamentos.....65

L I S T A D E I L U S T R A Ç Õ E S

Pág.

- FIGURA 1 - Diagrama de classificação de águas de irrigação, segundo RICHARDS (1954).....06
- FIGURA 2 - Efeitos de diferentes qualidades de água de irrigação no crescimento da bananeira Nanica.....37
- FIGURA 3 - Valores médios e relativos de alturas de plantas e diâmetros do pseudocaule de bananeiras Nanica, aos 150 dias do plantio, em função de tipos de água e níveis de salinidade.....39
- FIGURA 4 - Efeitos de diferentes qualidades de água de irrigação no diâmetro do pseudocaule da bananeira Nanica.....45
- FIGURA 5 - Valores médios e relativos de áreas foliares unitárias e totais de bananeiras Nanica, aos 150 dias do plantio, em função de tipos de água e níveis de salinidade.....47
- FIGURA 6 - Valores médios (A) e relativos (B) de crescimento da folha da bananeira Nanica, para os diferentes tratamentos, a partir de 120 dias do plantio das mudas.....49
- FIGURA 7 - Valores médios e relativos de pesos secos das partes aérea e radicular de bananeiras Nanica, aos 150 dias do plantio, em função de tipos de água e níveis de salinidade.....52

- FIGURA 8 - Efeitos dos níveis de salinidade da água de irrigação nos pesos secos das partes aérea (A) e radicular (B) da bananeira Nanica, aos 150 dias do plantio.....54
- FIGURA 9 - Efeitos dos diferentes níveis de salinidade e tipos de água de irrigação nos teores de sódio (A) e cloro (B) na folha da bananeira Nanica, aos 150 dias do plantio.....60
- FIGURA 10 - Quantidades de sais adicionadas e extraídas do solo, nos diferentes tratamentos, durante todo o período experimental.....66
- FOTO 1 - Crescimento da bananeira Nanica, irrigada com água bicarbonatada, em diferentes níveis de salinidade.....41
- FOTO 2 - Crescimento da bananeira Nanica, irrigada com água cloretada, em diferentes níveis de salinidade.....41

I N D I C E

	Pág.
Agradecimentos.....	vi
Resumo.....	ix
Abstract.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Ilustrações.....	xvi
CAPITULO I	
INTRODUÇÃO.....	01
CAPITULO II	
REVISÃO DE LITERATURA.....	03
1. QUALIDADE DE AGUA DE IRRIGAÇÃO.....	03
1.1. Considerações Gerais.....	03
1.2. Classificação das Aguas de Irrigação.....	05
2. EFEITOS DE QUALIDADES DE AGUA NAS CARACTERISTICAS DO SOLO.....	12
3. EFEITOS DA SALINIDADE NO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS.....	14
3.1. Considerações Gerais.....	14
3.2. Efeito Osmótico.....	15
3.3. Efeito Direto ou de Toxicidade de Sais.....	15
3.4. Efeito Indireto ou de Natureza Nutricional.....	16

4. TOLERÂNCIA DAS CULTURAS A SALINIDADE DE AGUA.....	17
4.1. Considerações Gerais.....	17
4.2. Tolerância da Bananeira à Salinidade.....	18
4.2.1. Efeitos no crescimento e produção.....	18
4.2.2. Efeitos na composição química.....	23

CAPITULO III

MATERIAL E METODOS.....	26
1. LOCAL DO EXPERIMENTO.....	26
2. PREPARO DO SOLO.....	26
3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
4. PREPARO DAS AGUAS.....	28
5. METODOLOGIA DE CONDUÇÃO.....	29
6. OBSERVAÇÕES EXPERIMENTAIS.....	32
6.1. Altura de Planta.....	32
6.2. Diâmetro do Pseudocaulo.....	33
6.3. Área Foliar.....	33
6.4. Crescimento da Folha.....	33
6.5. Peso Seco da Planta.....	33
7. ANÁLISE FOLIAR.....	34
8. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34

CAPITULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
1. EFEITOS DE DIFERENTES QUALIDADES DE AGUA DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DA BANANEIRA NANICA (Musa sp.).....	36

1.1. Altura de Plantas.....	36
1.2. Diâmetro do Pseudocaule.....	44
1.3. Area Foliar.....	46
1.4. Crescimento da Folha da Bananeira.....	48
1.5. Peso Seco da Planta.....	50
2. EFEITOS DE DIFERENTES QUALIDADES DE AGUA DE IRRIGAÇÃO NA COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DA FOLHA DA BANANEIRA.....	53
3. EFEITOS DE DIFERENTES QUALIDADES DE AGUA NAS CARACTERIS- TICAS DO SOLO.....	63
CAPITULO V	
CONCLUSÕES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	70

C A P I T U L O I

I N T R O D U Ç Ã O

A banana (*Musa sp.*) é a fruta tropical mais consumida no mundo, sendo de grande utilidade na alimentação humana, principalmente nos trópicos. A maior parte da produção mundial, estimada em 37 milhões de toneladas anuais, é consumida nos países produtores (LAHAV & TURNER, 1983).

A América Latina e o Caribe são as principais regiões produtoras de bananas, responsáveis por 78% das exportações mundiais. O continente africano concorre com 2,5%, as ilhas Canárias e Madeira com 6,9% e a Ásia com 12,6% (FAO, 1983).

O Brasil é o principal produtor e consumidor de bananas do mundo, tendo, em 1982, contribuído com 17% da produção mundial (FAO, 1983). Em 1988, foram colhidos 517,137 milhões de cachos, numa área de 460.442 ha, aparecendo em destaque os estados da Bahia e de São Paulo com 15,8 e 10,3%, respectivamente, da produção nacional (IBGE, 1989). A bananeira é cultivada em quase todos os municípios brasileiros, em altitudes variando de zero a 1.000 metros (MOREIRA, 1987).

No Nordeste, onde a agricultura é fator básico de sobrevivência da maioria da população, a banana exerce papel relevante na alimentação das famílias, sendo explorada por um grande número

de produtores. A produção de bananas nesta região, no ano de 1988, foi de 207,376 milhões de cachos, representando 40,1% da produção nacional, colhidos numa área de 147.082 ha; destacando-se os estados da Bahia e de Pernambuco, cujas produções representaram, respectivamente, 39,5 e 18,1% da produção nordestina (IBGE, 1989).

Nas áreas irrigadas da zona semi-árida do Nordeste existem problemas de salinidade, trazendo prejuízos a produção agrícola das culturas exploradas (DAMASCENO, 1978). A concentração de sais nas águas de irrigação varia bastante de um lugar para outro, havendo, também, evidência dessa variação ao longo do tempo (COSTA, 1982 e LARANQUE, 1989). Outro fato a considerar é que, devido a escassez e a má distribuição de chuvas na região, os volumes de água utilizados nas irrigações são elevados, possibilitando aumentos mais acentuados dos teores de sais no solo. Portanto, os teores de sais das águas de irrigação, aliados a intensa evaporação e a deficiência de drenagem de solo, tem provocado problemas de salinidade nos solos nordestinos, reduzindo o crescimento e desenvolvimento dos bananais existentes.

Enquanto para outras culturas tem-se realizado vários estudos sobre efeitos de qualidade de água e de salinidade de solo nos seus rendimentos (AYERS & WESTCOT, 1985), raros são os trabalhos desta natureza desenvolvidos com bananeiras. Pelo exposto, o presente trabalho teve como objetivo principal estudar os efeitos de diferentes qualidades de água de irrigação sobre o crescimento da bananeira Nanica e nas características químicas do solo.

C A P I T U L O I I

R E V I S Ã O D E L I T E R A T U R A

1. QUALIDADE DE AGUA DE IRRIGAÇÃO

1.1. Considerações Gerais

A qualidade de água de irrigação é determinada pela composição e concentração de substâncias ou solutos dissolvidos, destacando-se como principais os cátions cálcio, magnésio e sódio e os ânions bicarbonato, sulfato e cloreto, enquanto o boro, flúor e nitrato estão, usualmente, presentes em pequenas concentrações. Pequenas quantidades de carbonato e de outros constituintes menos importantes são encontrados em muitas águas. As concentrações de diversos íons mostram grandes variações mas, por causa de limitações de solubilidade, sódio e cloreto frequentemente predominam nas águas mais salinas (WILCOX & DURUM, 1967).

Segundo RICHARDS (1954) e DAKER (1984), os solos contêm uma mistura de sais similar a da água de irrigação, embora em concentrações mais elevadas. Os sais solúveis encontrados nos solos salinos em maiores quantidades são compostos de cálcio, magnésio e sódio, em forma de cloretos e sulfatos; se encontrando em menor frequência os íons potássio, carbonato e bicarbonato.

As fontes originais de sais são os minerais primários encontrados no solo e nas rochas, após sofrerem dissolução ou intemperização. Os sais são transportados pelas águas e depositados no solo, onde se acumulam a medida que a água se evapora ou é consumida pelas culturas, dando origem ao processo de salinização, sendo mais intenso nas áreas áridas e semi-áridas, devido a fatores edafoclimáticos (RICHARDS, 1954; PIZARRO, 1978; DAKER, 1984 e AYERS & WESTCOT, 1985).

A conveniência da água para irrigação deve ser avaliada conjuntamente com o estudo das condições locais de uso, tomando-se como base os fatores relacionados com a água, o solo e a planta (AYERS & WESTCOT, 1976 e CHRISTIANSEN et alii, 1977).

De acordo com WILCOX (1955), ALLISON (1964), SHAINBERG & OSTER (1978) e BERNARDO (1987), entre outros, os caracteres básicos mais importantes que qualificam as águas para irrigação são: a) concentração total de sais solúveis, expressa em partes por milhão (ppm), em milequivalente por litro (meq/l) ou em termos de condutividade elétrica, expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ a 25°C ; b) concentração relativa de sódio em relação ao cálcio e magnésio, expressa em percentagem de sódio (NaZ) ou em termos de relação de adsorção de sódio (RAS); c) concentração de carbonatos e bicarbonatos em relação a concentração de cálcio e magnésio, expressa em termos de carbonato de sódio residual (CSR); e d) concentração de íons tóxicos, tais como boro, sódio e cloreto, expressa em partes por milhão ou milequivalente por litro.

1. $\mu\text{S}/\text{cm} = \mu\text{mhos}/\text{cm} = 10^{-3} \text{ dS}/\text{m}$.

1.2. Classificação das Águas de Irrigação

As diversas classificações das águas de irrigação foram feitas baseando-se em fatores que determinam sua qualidade, tais como salinidade total, quantidade relativa de sódio, concentrações de cloretos e bicarbonatos, etc.

RICHARDS (1954) apresentou uma classificação combinando quatro classes de água, obtidas a partir da concentração total de sais solúveis (C), expressas em condutividade elétrica, com quatro classes, baseadas na relação de adsorção de sódio (S), obtendo-se 16 combinações, como mostra a Figura 1.

De acordo com EATON (1950), nas águas que contém concentrações elevadas do íon bicarbonato há tendência para a precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, reduzindo a concentração de cálcio e magnésio na solução do solo e, conseqüentemente, aumentando a concentração de sódio. Estudando a significância dos carbonatos e bicarbonatos nas águas de irrigação, propôs uma classificação baseada no conceito de CSR, calculado a partir da equação:

$$CSR = (CO_3^{--} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Nesta relação, os constituintes iônicos são expressos em meq/l.

Os limites de CSR admissíveis nas águas de irrigação foram estabelecidos por EATON (1950) e WILCOX et alii (1954) da seguinte maneira:

- a) Águas com CSR inferior a 1,25 meq/l são normalmente apropriadas para irrigação.
- b) Águas com CSR entre 1,25 e 2,50 meq/l são aceitáveis.

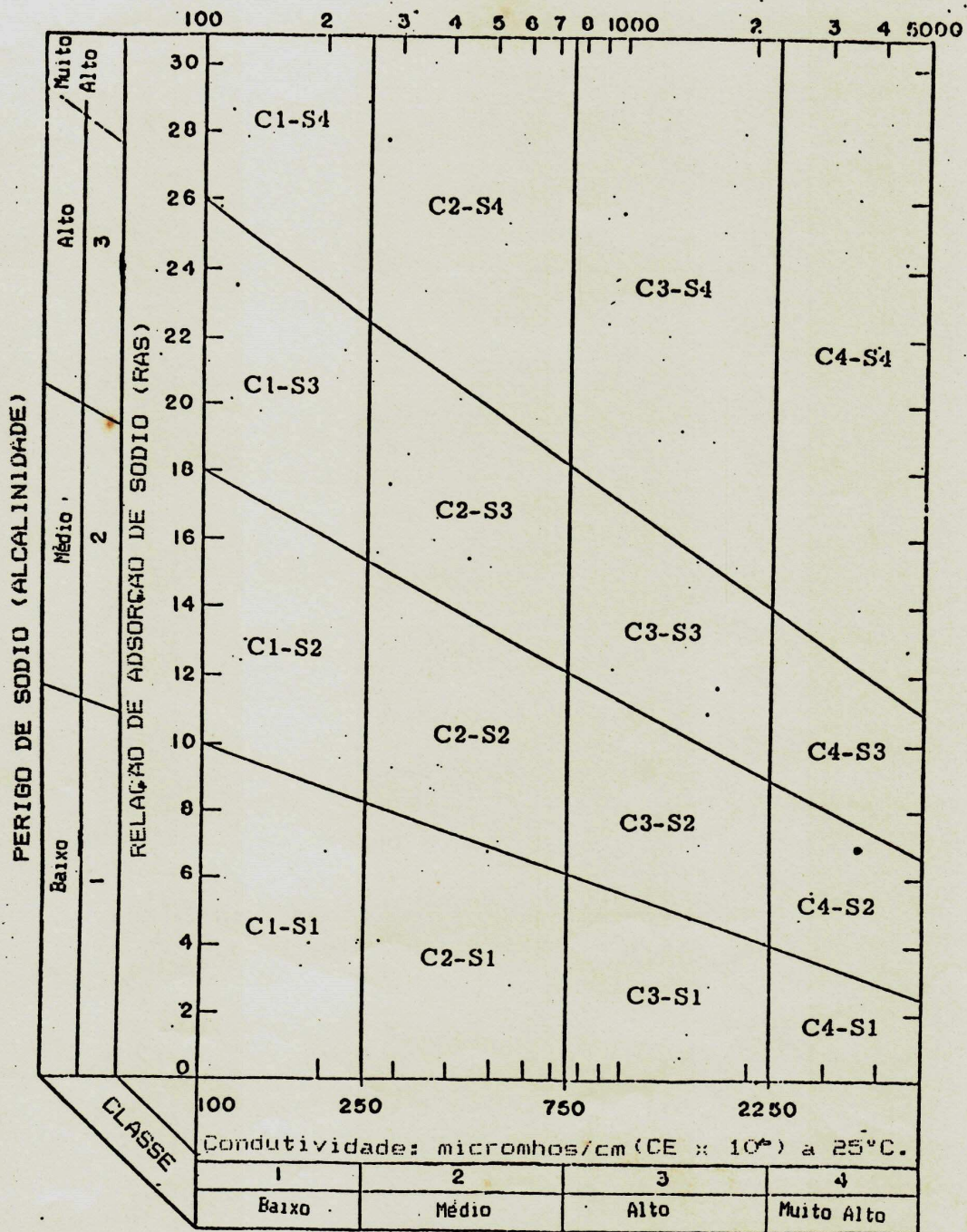


FIG. 1 - Diagrama de classificação de águas de irrigação, segundo RICHARDS (1954)

c) Aguas com CSR superior a 2,50 meq/l não são recomendadas para irrigação.

Considerando que o teor de bicarbonatos exerce influência sobre a quantidade de sódio, alterando o valor da RAS (YARON, 1973), AYERS & WESTCOT (1976) acrescentaram os efeitos dos carbonatos e bicarbonatos ao conceito antigo de RAS, mediante o valor do pHc. O novo conceito é denominado de RAS ajustada, calculada pela seguinte equação:

$$\text{RAS ajust.} = \frac{\text{Na}^+}{[(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2]^{\frac{1}{2}}} [1 + (8,4 - \text{pHc})]$$

Sendo Na⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ expressos em meq/l.

(8,4 - pHc) é o Índice de saturação de Langelier, usado por BOWER et alii (1965), que estimaram a precipitação de bicarbonatos da água de irrigação como uma função do grau de saturação do CaCO₃ na solução do solo.

$$\text{pHc} = (\text{pK}_z - \text{pKc}) + \text{p}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) + \text{pAlk}$$

Onde:

(pK_z - pKc) depende da concentração de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ + Na⁺ em meq/l.

p(Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺) é obtido da concentração de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ em meq/l.

pAlk depende da concentração de CO₃⁻⁻ + HCO₃⁻ em meq/l.

Na Tabela 1 estão apresentados dados tabelados para o cálculo do pHc.

A classificação proposta por DONEEN (1954) baseou-se na

TABELA 1 - Parâmetros para o cálculo do pHc da água de irrigação.

Ca+Mg+Na (meq/l)	pK ₂ - pK _c	Ca + Mg (meq/l)	p(Ca+Mg)	CO ₃ + HCO ₃ (meq/l)	pAlk
0,5	2,11	0,05	4,60	0,05	4,30
0,7	2,12	0,10	4,30	0,10	4,00
0,9	2,13	0,15	4,12	0,15	3,82
1,2	2,14	0,20	4,00	0,20	3,70
1,6	2,15	0,25	3,90	0,25	3,60
1,9	2,16	0,32	3,80	0,31	3,51
2,4	2,17	0,39	3,70	0,40	3,40
2,8	2,18	0,50	3,60	0,50	3,30
3,3	2,19	0,63	3,50	0,63	3,20
3,9	2,20	0,79	3,40	0,79	3,10
4,5	2,21	1,00	3,30	0,99	3,00
5,1	2,22	1,25	3,20	1,25	2,90
5,8	2,23	1,58	3,10	1,57	2,80
6,6	2,24	1,98	3,00	1,98	2,70
7,4	2,25	2,49	2,90	2,49	2,60
8,3	2,26	3,14	2,80	3,13	2,50
9,2	2,27	3,90	2,70	4,00	2,40
11,0	2,28	4,97	2,60	5,00	2,30
13,0	2,30	6,30	2,50	6,30	2,20
15,0	2,32	7,90	2,40	7,90	2,10
18,0	2,34	10,00	2,30	9,90	2,00
22,0	2,36	12,50	2,20	12,50	1,90
25,0	2,38	15,80	2,10	15,70	1,80
29,0	2,40	19,80	2,00	19,80	1,70
34,0	2,42				
39,0	2,44				
45,0	2,46				
51,0	2,48				
59,0	2,50				
67,0	2,52				
76,0	2,54				

salinidade efetiva (SE), que envolve a solubilidade dos sais e as reações que ocorrem na solução do solo; sendo definida como sendo a salinidade total da água menos as concentrações de CaCO₃, Ca(HCO₃)₂, MgCO₃, Mg(HCO₃)₂ e CaSO₄. Segundo o autor, alguns sais da água de irrigação, devido terem solubilidade limitada, precipitam-se no solo e não contribuem para a sua salinização. Na

Tabela 2 está apresentada a classificação para três condições de solo diferentes.

YARON (1973), trabalhando na região costeira de Israel com a cultura de citrus, justificou ser o cloreto o íon a se tornar problema em certas regiões, tendo elaborado limites permissíveis quanto ao perigo de altas concentrações de cloretos, fazendo uma relação com a textura do solo, conforme mostra a Tabela 3.

CHRISTIANSEN et alii (1977) classificaram as águas de irrigação baseando-se em sete fatores, como mostra a Tabela 4.

TABELA 2 - Classificação da água de irrigação baseada na salinidade efetiva, segundo DONEEN (1954).

CONDIÇÕES DO SOLO	SALINIDADE EFETIVA			
	Unidades	Valores		
		Classe 1 (adequada)	Classe 2 (duvidosa)	Classe 3 (inadequada)
Lixiviação baixa	meq/l	< 3	3 - 5	> 5
	ppm	< 165	165 - 275	> 275
Lixiviação média	meq/l	< 5	5 - 10	> 10
	ppm	< 275	275 - 550	> 550
Lixiviação boa	meq/l	< 7	7 - 15	> 15
	ppm	< 385	385 - 825	> 825

TABELA 3 - Limites permissíveis para cloretos, segundo YARON (1973).

CONDUTIVIDADE ELETRICA ($\mu\text{S/cm}$ a 25°C)	CLORETOS (meq/l)	TEXTURA DO SOLO*		
		Grossa	Média	Fina
1.200	6,0	Cl ₁	Cl ₁	Cl ₁
1.200 - 1.500	6,0 - 7,5	Cl ₁	Cl ₁	Cl ₂
1.500 - 1.750	7,5 - 9,0	Cl ₁	Cl ₁	Cl ₃
1.750 - 2.250	9,0 - 15,0	Cl ₁	Cl ₂	Cl ₄

* Cl₁ - Não perigosa, Cl₂ - Risco pequeno, Cl₃ - Risco médio e Cl₄ - Perigosa.

TABELA 4 - Classificação da água de irrigação de acordo com CHRISTIANSEN et alii (1977)¹.

Classes	CE (dS/m)	Na (%)	RAS (mmoles/l)*	Na_2CO_3 (meq/l)	Cl^- (meq/l)	Sal. Efeti va (meq/l)	Boro (ppm)
1	0,5	40	3	0,5	3	4	0,5
2	1,0	60	6	1,0	6	8	1,0
3	2,0	70	9	2,0	10	16	2,0
4	3,0	80	12	3,0	15	24	3,0
5	4,0	90	15	4,0	20	32	4,0
6	>4,0	>90	>15	>4,0	>20	>32	>4,0

1 - A água é analisada por fator. Uma água com classe 6 para todos os fatores é imprópria para irrigação.

A classificação proposta por AYERS & WESTCOT (1985) baseou-se no estudo do grau de restrição no uso de águas com problemas potenciais de irrigação, tais como: salinidade, velocidade de infiltração, toxicidade de íons específicos e outros problemas (Tabela 5). Segundo eles, os problemas mais sérios são aqueles relativos a salinidade e permeabilidade, estando associados à quantidade de sais dissolvidos na água e ao

TABELA 5 - Classificação de água proposta por AYERS & WESTCOT (1985)¹.

PROBLEMA POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO	UNIDADE	GRAU DE RESTRIÇÃO DE USO		
		Nenhum	Moderado	Severo
Salinidade				
CE ² (ou)	dS/m	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
TDS ³	mg/l	< 450	450 - 2.000	> 2.000
Infiltração				
RAS = 0 - 3 e CE =		> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
= 3 - 6 =		> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
= 6 - 12 =		> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
= 12 - 20 =		> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
= 20 - 40 =		> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
Toxicidade de Ion Específico				
Sódio (Na)				
Irrigação Superficial	RAS	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação por Aspersão	meq/l	< 3	> 3	
Cloreto (Cl)				
Irrigação Superficial	meq/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigação por Aspersão	meq/l	< 3	> 3	
Boro	mg/l	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
Outros Problemas				
Nitrogênio (N - NO ₃)	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃)	meq/l	< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
pH		Classe normal - 8,4		

(1) Adaptada de UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS (1974).

(2) CE = Condutividade Elétrica em dS/m a 25°C.

(3) TDS = Total de Sólidos Dissolvidos.

teor elevado de sódio em relação aos teores de cálcio + magnésio, respectivamente. A toxidez específica é importante quando alguns elementos possam ultrapassar um certo nível de concentração, tornando-se nocivos às plantas, como boro e outros.

2. EFEITOS DE QUALIDADE DE AGUA NAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Os efeitos da água de irrigação nas características do solo dependem de sua qualidade, das propriedades do solo e, especialmente, das condições de drenagem e do balanço de água e sais no subsolo (HELWEG et alii, 1980).

Segundo RICHARDS (1954), devido a extração contínua de umidade pelo sistema radicular das plantas e pela evaporação, a concentração de sais na solução do solo é de 2 a 10 vezes maior do que a concentração da água usada para irrigação deste solo. AYERS & WESTCOT (1985), por sua vez, consideram que em solos bem drenados, de textura média, a condutividade elétrica do extrato de saturação pode atingir valores de 1,5 vezes a da água de irrigação.

RICHARDS (1954) e PIZARRO (1978) 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. Segundo Mc GEORGE (1952), a adsorção do íon sódio pelo solo, em função da salinidade da água, está intimamente relacionado com o valor da relação Na/Ca. Quando esta

relação na água de irrigação é da ordem de 5 ± 1 , a percentagem de sódio intercambiável pode atingir os valores de 25 ± 5 . Por outro lado, HAUSENBUILLER et alii (1960) têm constatado uma tendência da acumulação de sódio nos horizontes superficiais de colunas de solo, quando são submetidas a um tratamento com águas bicarbonatadas, apresentando uma relação Na/Ca = 9.

O uso de água de irrigação com altos valores de CSR pode provocar um aumento de sódio no complexo do solo (WILCOX et alii, 1954), afetando sua permeabilidade, por se constituir um agente muito ativo de dispersão da fração argila do solo (RHOADES, 1972; OSTER & SCHROER, 1979). A ação do sódio trocável dispersando as argilas pode fazer com que estas se acumulem nas camadas inferiores do solo, tornando-as densas e de baixa permeabilidade, apresentando condições desfavoráveis para o desenvolvimento radicular das plantas (PEREIRA, 1977 e DAKER, 1984). Para MILJKOVIC et alii (1959), esse efeito será bem mais acentuado em solos de textura fina. Segundo SZABOLCS & LESTAK (1966), teores excessivos de sódio podem reduzir grandemente a permeabilidade do solo, destruir a boa formação estrutural e aumentar o seu número plástico.

De acordo com DAKER (1984), ligeiras diferenças de textura podem provocar um movimento desigual na distribuição de água nas camadas do solo, acarretando sua desuniformidade na acumulação de sais ao longo do perfil.

Segundo KELLEY (1963), é muito mais interessante considerar o teor de cálcio nas águas de irrigação do que a concentração de sódio. Estas águas, contendo um mínimo de 35% de

cálcio sobre o total de sais de uma concentração total de 15 a 18 meq/l, não comprometem o seu uso, desde que as quantidades utilizadas e a drenagem dos solos sejam satisfatórias.

3. EFEITOS DA SALINIDADE NO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

3.1. Considerações Gerais

Segundo THORNE & PETERSON (1954), os sais presentes na solução do solo podem afetar o desenvolvimento das plantas através do efeito osmótico dos sais, reduzindo e/ou impedindo a absorção de água; do efeito químico direto dos sais, provocando distúrbios na nutrição e no metabolismo das plantas; e do efeito indireto dos sais, alterando a estrutura, permeabilidade e aeração do solo. Para BERNSTEIN (1964) e THOMAS (1980), além do efeito osmótico, as plantas são afetadas pelo efeito específico de natureza nutricional, que reduz o crescimento e rendimento das plantas, e pelo efeito tóxico, que causa sintomas e danos característicos devido a acumulação excessiva de um ou mais íons específicos na planta.

Tem-se constatado efeitos daninhos específicos de sais solúveis, quando em excesso, diretamente sobre os tecidos vegetais ou, indiretamente, interferindo na disponibilidade e absorção de nutrientes (STROGONOV, 1964). A composição mineral das diferentes partes da planta se altera, com frequência, devido as condições de salinidade ou, indiretamente, através da sodificação dos solos (RICHARDS, 1954; FAO/UNESCO, 1973 e SANCHEZ CONDE, 1976).

3.2. Efeito Osmótico

Importância deve ser dada ao efeito da salinidade sobre a disponibilidade de água no solo. Existe evidência de que um aumento da pressão osmótica da solução do solo, provocado por altas concentrações de sais solúveis provenientes de água de irrigação e de lençol freático alto, pode diminuir ou mesmo impedir a absorção de água pelas raízes das plantas, conforme características próprias de distintas espécies e/ou variedades vegetais, afetando o seu desenvolvimento e rendimento (HOFFMAN & PHENE, 1971; THOMAS, 1980 e AYERS & WESTCOT, 1985). A medida que o solo perde água, a tensão da água do solo aumenta, diminuindo ainda mais a disponibilidade de água para as plantas (RICHARDS, 1954).

3.3. Efeito Direto ou de Toxicidade de Sais

Para STROGONOV (1964), o efeito prejudicial de toxicidade de sais no desenvolvimento das culturas é variável, dependendo do tipo e da concentração de íons envolvidos, bem como da espécie ou variedade vegetal. Afirma, também, que a ação de certos íons, interferindo no metabolismo das plantas, ocasiona o acúmulo de produtos tóxicos, embora este assunto ainda não esteja totalmente esclarecido, apesar de ter merecido diversos estudos.

Segundo BERNSTEIN (1975), o acúmulo de grandes quantidades de um ou mais íons específicos no meio apresenta uma grande tendência de provocar injúria nas plantas, podendo a toxicidade ser causada através dos efeitos no metabolismo dos nutrientes

essenciais.

Para WILCOX (1960) e WALLIHAN et alii (1978), os problemas de toxidez surgem quando os rendimentos dos cultivos são reduzidos, mediante absorção e acumulação de quantidades de certos componentes das águas naturais, mais especificamente o boro e o cloreto.

3.3. Efeito Indireto ou de Natureza Nutricional

Estudando o efeito dos sais nas plantas, HEBRON (1967) verificou que, em alguns casos, a concentração de sais não atinge níveis osmóticos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas. Por outro lado, afirmou que concentrações de íons diversos podem provocar interferências indiretas que podem se constituir num obstáculo a uma boa absorção de nutrientes pelas plantas, não permitindo que tenham um processo metabólico normal. Alterações nos processos normais de absorção e nutrição podem ser provocados pela predominância de certos íons em determinadas concentrações e proporções (STROGONOV, 1964; MAAS et alii, 1972 e SWARUP, 1982).

Segundo a FAO/UNESCO (1973), a salinidade produz variações na relação entre potássio, sódio, cálcio e magnésio na planta, sendo menores em plantas pouco tolerantes a sais. Afirma, ainda, que variações nas concentrações de cloretos e sulfatos, na presença de nitratos, não tem praticamente efeito sobre a composição mineral das plantas; entretanto, quando os cloretos predominam sobre os sulfatos, na presença de nitrato de amônio, existe um aumento no conteúdo de cálcio, magnésio e potássio. Plantas

desenvolvidas em condições salinas sofrem mudanças marcantes no metabolismo de nitrogênio, alterando os processos de síntese e hidrólise dos compostos proteicos (FAO/UNESCO, 1973). Para os pesquisadores STROGONOV (1964) e BERNSTEIN (1975), os maiores efeitos nutricionais da salinidade são aqueles associados a nutrição catiônica.

O efeito indireto nos solos sódicos é devido a baixa permeabilidade, havendo redução da absorção de água pelas raízes, com prejuízos para a nutrição das plantas (SZABOLCS & LESTAK, 1966; SHAINBERG et alii, 1981 e SANDHU et alii, 1981).

Por outro lado, os elevados valores de pH dos solos sódicos, que podem chegar até 10,5 (suspensão 1:2,5 solo:água) provocam um desequilíbrio e afetam a disponibilidade de alguns nutrientes essenciais para a planta (BHUMBLA & ABROL, 1978).

4. TOLERANCIA DAS CULTURAS A SALINIDADE DE AGUA

4.1. Considerações Gerais

Segundo RICHARDS (1954), a tolerância das culturas à salinidade poderá ser avaliada mediante três critérios básicos:

- a) capacidade para sobreviver em solos salinos;
- b) rendimento obtido em solos salinos;
- c) rendimento relativo em solos salinos, comparado ao obtido em solos não salinos sob condições semelhantes.

Para HEBRON (1967), o comportamento das plantas, com relação à salinidade, pode variar de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. Segundo afirmações de MAAS & HOFFMAN (1977), a

salinidade afeta as plantas em todos os estágios, sendo que, em culturas mais sensíveis, o comportamento das plantas pode variar dos primeiros estágios para os últimos.

A capacidade dos vegetais superiores desenvolverem-se satisfatoriamente em solos salinos depende de vários fatores interligados, com destaque para a constituição fisiológica da planta, o seu estágio de crescimento e os seus hábitos radiculares (BRADY & BUCKMAN, 1983). Segundo SILVA (1983), espécies de crescimento lento são mais tolerantes aos sais do que as de crescimento rápido.

AYERS & WESTCOT (1985) apresentaram um estudo detalhado e atualizado relativo à qualidade das águas de irrigação e quanto à tolerância das culturas à salinidade. Na Tabela 6 são apresentados os decréscimos de produção das principais fruteiras exploradas, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEe) e da água de irrigação (CEa).

4.2. Tolerância da Bananeira à Salinidade

4.2.1. Efeitos no crescimento e produção

De acordo com DUNLAP & Mc GREGOR (1932), quando a concentração total de sais solúveis na solução do solo é de 100 a 500 ppm o desenvolvimento da bananeira é satisfatório, entre 500 e 1.000 ppm as plantas e frutos são visivelmente afetados e acima de 1.000 ppm as plantas tornam-se raquíticas ou morrem. Concentração total de 500 ppm de sais solúveis extraídos da água do solo foi mencionada por WARDLAW (1961) como um nível tóxico para

TABELA 6 - Tolerância das principais fruteiras à salinidade e seus rendimentos potenciais, em função de salinidades de água e solo (AYERS & WESTCOT, 1985)¹.

FRUTEIRA		POTENCIAL DE PRODUÇÃO									
		100%		90%		75%		50%		0%	
Nome Vulgar	Nome Científico	CEe ²	CEa ³	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa
Ameixa	<i>Prunus domestica</i>	1,5	1,0	2,1	1,4	2,9	1,9	4,3	2,9	7,1	4,7
Amendoa	<i>Prunus dulcis</i>	1,5	1,0	2,0	1,4	2,8	1,9	4,1	2,8	6,8	4,5
Amora	<i>Rubus sp.</i>	1,5	1,0	2,0	1,3	2,6	1,8	3,8	2,5	6,0	4,0
Damasco	<i>Prunus armeniaca</i>	1,6	1,1	2,0	1,3	2,6	1,8	3,7	2,5	5,8	3,8
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Morango	<i>Fragaria sp.</i>	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4,0	2,7
Pêssego	<i>Prunus persica</i>	1,7	1,1	2,2	1,5	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5	4,3
Tâmara	<i>Phoenix dactylifera</i>	4,0	2,7	6,8	4,5	11,0	7,3	18,0	12,0	32,0	21,0
Toranja	<i>Citrus paradisi</i>	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8,0	5,4
Uva	<i>Vitis sp.</i>	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12,0	7,9

1 - Adaptada de Maas e Hoffman (1977) e Maas (1984).

2 - CEe = Condutividade elétrica do extrato de saturação, em dS/m a 25°C.

3 - CEa = Condutividade elétrica da água de irrigação, em dS/m a 25°C.

a bananeira. Para DODRENBOS & KASAN (1979), a bananeira é muito sensível à salinidade e solos com condutividade elétrica do extrato de saturação menor do que 1 dS/m são requeridos para um bom crescimento das plantas.

Níveis médios de salinidade de água e solo de 3,6 e 3,0 dS/m, respectivamente, foram apontados por ISRAELI et alii (1986) como causadores do retardamento do crescimento e declínio da produção de bananeiras em Israel.

Segundo LAHAV & TURNER (1983), a bananeira tem relativamente moderada tolerância à salinidade e que os sintomas característicos de sais são cloroses marginais nas folhas, bem como frutos deformados, finos e pequenos. Afirmam, ainda, que o crescimento de bananeiras comerciais é afetado por águas de irrigação contendo de 500 a 600 ppm de cloreto. Esta afirmação foi confirmada por ISRAELI et alii (1986), em experimento realizado no Vale Jordan, utilizando águas com 600 ppm de cloreto.

Bananeiras, como muitas outras plantas, são consideradas mais sensíveis ao sódio do que ao cloreto (CHARPENTIER & MARTIN-PREVEL, 1968 e LAHAV & TURNER, 1983). ISRAELI et alii (1986) afirmam que ainda não foram estabelecidos níveis tóxicos de sódio e cloreto, embora tenham observado a ocorrência de alguns danos com 3,3% de cloreto e 1,0% de sódio nas raízes.

Distúrbios em bananeiras, como um resultado de toxidez de sódio, foram relatados em publicações do Equador (CHARPENTIER & MARTIN-PREVEL, 1968), da Colômbia (COLMET-DAAGE & GAUTHEYROU, 1968) e das Ilhas Canárias (GARCIA, 1977). Segundo LAHAV & TURNER (1983), cloroses e necroses marginais em folhas de bananeiras são causadas por toxidez de sódio, cloreto ou sais, sendo que a toxicidade de sódio é descrita como uma clorose marginal em volta das folhas inferiores, que tornam-se necróticas quando 1/3 da área é afetada. HERNANDEZ ABREU et alii (1986) afirmam que os sintomas associados com toxidez de sódio começam nas margens das folhas velhas. No entanto, no Vale Jordan, em Israel, bananeiras irrigadas com águas salinas, durante dois anos, não apresentaram sintomas de cloroses e necroses quando paralisaram seu crescimen-

to e produção (ISRAELI et alii, 1986).

ISRAELI et alii (1986), realizando trabalho no Vale Jordan, em Israel, durante dois anos, utilizando águas salinas preparadas a base de NaCl e CaCl₂, com CE = 1,09 a 6,02 dS/m e RAS = 3,39 a 13,20, para irrigação de bananeira "Anã Cavendish", em solo com 75% de argila e silte, concluíram que, no primeiro ano, somente o peso do cacho e tamanho das bananas foram afetados pela salinidade. Os outros parâmetros, tais como tempo de florescimento e número de pencas por cacho, não foram afetados. No entanto, no segundo ano, os efeitos no crescimento, na produtividade e nas concentrações de nutrientes foram muito mais pronunciados. O peso do cacho diminuiu, com salinidade e RAS altas, de 18% no primeiro ano para 60% no segundo ano, comparado com a testemunha. Os referidos pesquisadores verificaram ainda que, mesmo para um tratamento de salinidade moderada, houve um atraso de 35 dias no tempo de crescimento, uma queda de 31% no peso do cacho e um decréscimo de 23% no peso das bananas. No final do primeiro ano, filhotes irrigados com água com salinidade e RAS altas tenderam ser 27 cm menores (19%) do que filhotes testemunhas.

FERNANDEZ CALDAS et alii (1971), estudando os efeitos de águas bicarbonatadas com pH = 7,26 a 8,85, CE = 909 a 1.230 µS/cm, %Na = 56,6 a 75,3, RAS = 4,4 a 8,5 e CSR = 5,38 a 9,06 meq/l; utilizadas para irrigação de bananeiras na Ilha Tenerife (Canárias), durante um período de 30 anos, chegaram as seguintes conclusões:

a) A prática de irrigações frequentes, com grandes volumes de

- água, mostrou-se um modo eficaz para o controle da salinidade e da alcalinidade dos solos.
- b) As águas bicarbonatadas não contribuíram para a formação de solos salinos ou alcalinos quando utilizou-se irrigações adequadas.
 - c) Os carbonatos e bicarbonatos da água de irrigação não contribuíram para aumentar sensivelmente a percentagem de sódio trocável dos solos estudados.
 - d) Foi observada uma influência evidente das águas sobre o pH e a percentagem de sódio trocável do solo.
 - e) A concentração da solução do solo foi maior quando se usou água com de alta salinidade e diminuiu com a profundidade do solo.
 - f) As técnicas de cultivo, principalmente as aplicações de matéria orgânica, favoreceram a permeabilidade hidráulica e a lixiviação dos sais.
 - g) As águas estudadas poderão ser empregadas de maneira satisfatória, sob condições de um programa de irrigação adequado, possibilitando um desenvolvimento vegetativo normal da bananeira e uma produtividade satisfatória.

Segundo ISRAELI et alii (1986), a bananeira pode ser capaz de suportar um nível de salinidade maior quando o suprimento de água é aumentado. Para eles, os problemas de salinidade podem ser praticamente solucionados com drenagem superficial.

4.2.2. Efeitos na composição química

Segundo LAHAV (1974), a concentração de sódio nos tecidos condutivos da bananeira pode subir para 1% se o potássio for muito deficiente. ISRAELI et alii (1986) observaram que o aumento significativo de sódio nas raízes é acompanhado de uma diminuição na concentração de potássio, no final do primeiro ano. Desta forma, o suprimento adequado de potássio sob alto nível de sódio é óbvio. Um antagonismo semelhante foi também determinado nas Ilhas Canárias (GARCIA, 1977). Em Israel, a nutrição de potássio foi controlada devido o aumento da concentração de sódio (LAHAV, 1974).

Segundo ISRAELI & NAMERI (1978), sob condições salinas, a concentração de sódio nas raízes da bananeira é 3 vezes maior do que a concentração normal de 0,5%. Para TURNER et alii (1982), 40% do total de sódio e 20% do total de cloreto se encontram nas raízes da bananeira, sendo o nível de sódio nas raízes seis vezes maior do que na lâmina e no pecíolo da folha.

Baseando-se em dados experimentais, ISRAELI et alii (1986) afirmaram que o nível de quase todos os elementos, incluindo os não tóxicos, aumenta nas raízes e nos pecíolos com o aumento da salinidade, sendo o sódio e o cloreto os mais afetados. Em bananeiras irrigadas com água com salinidade e RAS elevadas, há um aumento significativo da concentração de cloreto na lâmina da terceira folha e nas raízes, de sódio no pecíolo da sétima folha e nas raízes, bem como de nitrogênio e magnésio na pecíolo da sétima folha. Nestas condições, a retenção de sódio pelas raízes foi de 37 a 77 vezes maior do que na lâmina da folha

e 16 a 29 vezes a do pecíolo.

Realizando estudos sobre salinidade e alcalinidade em plantações de bananeiras nas Ilhas Canárias, HERNANDEZ ABREU et alii (1986) chegaram as seguintes conclusões:

- a) As concentrações de cloreto e de sódio nas raízes mostraram a melhor correlação com respectivos teores no solo e na água. No entanto, as raízes não podem ser os melhores indicadores da planta, para fins práticos, em todos os casos.
- b) A concentração máxima de cloreto foi encontrada nas raízes e a mínima na zona central da folha, sem diferenças entre plantas novas e velhas.
- c) A concentração máxima de sódio foi encontrada nas raízes e a mínima nas margens das folhas. Em plantas jovens, as concentrações de cálcio e magnésio na zona central da folha são mais indicadores de águas bicarbonatadas do que a concentração de sódio na folha. Plantas velhas, irrigadas com alto teor de bicarbonatos, mostraram maiores concentrações de sódio nas margens das folhas do que naquelas irrigadas com água com baixa concentração de bicarbonatos e alta de cloretos. Isto pode indicar que o bicarbonato pode desempenhar o papel de transportar o sódio para as folhas, embora ainda não haja explicação para o fato. Portanto, o sódio na margem da folha pode ser o melhor indicador de águas bicarbonatadas.
- d) Para água de poço, as raízes foram vistas como o melhor indicador de sódio, embora o número de amostras observadas não tenha sido suficiente para conclusões definitivas.

Segundo ISRAELI et alii (1986), correlações lineares significativas ($r = 0,96$ a $0,98$) foram determinadas entre CE ou nível de cloreto na água e no solo e concentração de cloreto na lâmina da terceira folha e raízes. Correlações significativas similares foram determinadas entre RAS ou nível de sódio na água e no solo e concentração de sódio nas raízes. Afirmam, ainda, que as concentrações nas raízes também revelaram uma relação linear com o crescimento e produção. Níveis de cloreto e sódio nas raízes parecem ser o mais indicativo com referência a tolerância à salinidade, quando são dominantes na solução do solo.

C A P Í T U L O I I I

M A T E R I A L E M E T O D O S

1. LOCAL DO EXPERIMENTO

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, localizada no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande, durante o período de dezembro/88 a julho de 1989.

2. PREPARO DO SOLO

O solo utilizado no experimento, proveniente do Perímetro Irrigado de Sumé-Pb, foi coletado a uma profundidade de 0-30 cm, destorroado e homogeneizado adequadamente após ser passado em peneira ABNT = 10 (2 mm de malha), sendo classificado como Aluvial Eutrófico (MEDEIROS, 1985), com textura franco arenosa, cujas características físicas e químicas estão apresentadas na Tabela 7. A análise textural foi determinada pelo método do hidrômetro (DAY, 1965), as densidades real e global pelos métodos do psicrômetro e da proveta, descritos por FORSYTHE (1975) e EMBRAPA (1979), respectivamente, e os valores da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente mediante metodologias da EMBRAPA (1979). Para as análises químicas das amostras de solo, utilizou-se as metodologias propostas por RICHARDS (1954).

TABELA 7 - Características físicas, hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	VALORES
Granulometria	%	
Areia		68,7
Silte		27,0
Argila		4,3
Classificação Textural		Franco arenoso
Densidade	g/cm ³	
Real		2,74
Aparente		1,45
Constantes Hídricas	% w/w	
Umidade Natural		1,52
Capacidade de Campo (0,33 atm.)		15,0
Ponto de Murchamento (15 atm.)		7,9
Porcentagem de Saturação		30,3
pH da Pasta de Saturação	-	7,23
Análise do Extrato de Saturação		
Condutividade Elétrica	dS/m	1,54
Cátions Solúveis	meq/l	
Cálcio		9,50
Magnésio		4,50
Sódio		3,20
Potássio		1,28
Relação de Adsorção de Sódio	(mmoles/l)*	1,21
Anions Solúveis	meq/l	
Cloreto		10,40
Carbonato		Ausente
Bicarbonato		8,20
Sulfato		Ausente
Complexo Sortivo	meq/100g	
Cálcio		6,47
Magnésio		3,69
Sódio		0,38
Potássio		0,78
Capacidade de Troca de Cátions		11,32
Porcentagem de Sódio Trocável	%	3,35

3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2×4 (tipo \times nível), com 4 repetições. Foram estudados dois tipos de água (predominantemente bicarbonatada e cloretada) combinados com 4 níveis de salinidade (2, 10, 25 e 40 meq/l), totalizando 8 tratamentos.

4. PREPARO DAS AGUAS

A água utilizada como testemunha (2 meq/l) foi proveniente da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, Campina Grande, sendo oriunda do açúde Vaca Brava, localizado no município de Areia-Pb, cujas características químicas, obtidas a partir de metodologias recomendadas por RICHARDS (1954), estão apresentadas na Tabela 8. A partir da água testemunha (T), foram preparadas águas bicarbonatadas (A) e cloretadas (B) com concentrações de 10, 25 e 40 meq/l, adicionando-se volumes adequados de soluções (1N) de bicarbonato de sódio e cloretos de sódio, cálcio e magnésio, mantendo-se as proporções de 7:3 ou vice-versa entre bicarbonato e cloreto e de 7:1,5:1,5 entre sódio, cálcio e magnésio; obtendo-se 6 diferentes tipos de água, a saber: A₁, A₂, A₃, B₁, B₂ e B₃, onde os subscritos 1, 2 e 3 representam os níveis de salinidade 10, 25 e 40 meq/l, respectivamente. O tratamento testemunha (T) foi comum para os dois tipos de água, totalizando 4 níveis de salinidade, obtendo-se o fatorial 2×4 .

As águas preparadas apresentaram valores de condutividade elétrica de 1.000, 2.000 e 2.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, para

TABELA 8 - Características químicas da água utilizada como testemunha.

CARACTERISTICAS	UNIDADES	VALORES
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S/cm}$ a 25°C	200
pH	-	7,33
Anions	meq/l	
Cloreto		1,75
Carbonato		Ausente
Bicarbonato		0,80
Sulfato		Ausente
Cátions	meq/l	
Cálcio		0,37
Magnésio		0,62
Sódio		1,40
Potássio		0,12
Relação de Adsorção de Sódio	(mmoles/l)*	1,98

A₁, A₂ e A₃, e de 1.100, 2.300 e 3.400 $\mu\text{S/cm}$ para B₁, B₂ e B₃.
 Observa-se que, para um mesmo nível de salinidade, as águas bicarbonatadas apresentaram valores de condutividade elétrica menores do que os das águas cloretadas.

5. METODOLOGIA DE CONDUÇÃO

Para o trabalho, utilizou-se a variedade Nanica, por ser a mais explorada nos perímetros irrigados do Nordeste,

selecionando-se mudas tipo chifrinho, pesando em média 930 g, provenientes do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-Pb, sendo plantadas em recipientes plásticos (Ø 32 x 16 cm), contendo, em cada, 16 kg de solo previamente homogeneizado e 300 g de esterco de curral, visando suprir qualquer eventual deficiência de micronutrientes. Para coleta de água de drenagem, cada recipiente foi furado na parte inferior e conectada mangueira ligando-o ao reservatório coletor (Foto 1, pág. 41). Antes do plantio, os pseudocaulas das mudas foram cortados em forma de bisel, ficando com tamanhos médios de 15 cm. Em seguida, as mudas foram tratadas com uma solução de Furadan 75, durante 5 minutos, visando eliminar possíveis infestações de moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus*, Germar).

Após o plantio das mudas, foi realizada a primeira irrigação, colocando-se em cada recipiente 2,46 litros de água, necessários para elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo. Durante os primeiros 30 dias, as irrigações foram realizadas diariamente, sendo os volumes de água determinados através de diferença de peso. Nos dois meses seguintes, as irrigações foram feitas com um turno de rega de 1,5 dia, estimando-se os volumes de água através de pesagens. A partir do quarto mês, as irrigações passaram a ser feitas de dois em dois dias, calculando-se os volumes mediante determinação da umidade do solo. Os volumes mensais de água, utilizados por tratamentos, estão apresentados na Tabela 9. Observa-se que, a partir do 4º mês, devido ao início do período chuvoso, os volumes aplicados diminuíram em todos os tratamentos.

TABELA 9 - Volumes de água utilizados nas irrigações, por tratamentos, no período de realização do estudo.

TRATAMENTOS	VOLUMES DE AGUA (litros)					TOTAL
	10 mês	20 mês	30 mês	40 mês	50 mês	
T _A	17,65	18,45	20,76	18,65	15,00	90,51
T _B	17,59	18,45	20,86	18,57	15,00	90,47
A ₁	17,50	16,63	15,58	14,52	11,85	76,08
A ₂	17,31	15,11	10,88	9,79	5,45	58,54
A ₃	17,25	13,77	9,18	8,12	4,35	52,67
B ₁	17,77	17,27	16,04	14,62	11,85	77,55
B ₂	17,65	15,78	11,47	9,64	5,45	59,99
B ₃	17,57	14,63	9,42	7,90	4,35	53,87

Foram realizadas drenagens mensais de tal maneira que permitia uma lixiviação equivalente, em média, a 10% da água utilizada em cada período. As águas drenadas foram analisadas de acordo com metodologias de RICHARDS (1954).

Conhecendo-se os volumes de água aplicados e drenados, por tratamentos, bem como suas condutividades elétricas, foi feito o balanço de sais e de água no solo, durante todo o experimento, calculando-se os teores de sais adicionados e extraídos, utilizando-se a seguinte expressão, segundo RICHARDS (1954):

$$q = CE \times 0,64 \times V$$

onde:

q = Teor de sais adicionado ou extraído do solo em g.

CE = Condutividade elétrica da água aplicada ou drenada em dS/m a 25°C.

V = Volume de água aplicado ou drenado em litros.

As adubações de cobertura foram realizadas em intervalos de 30 dias, logo após as drenagens, utilizando-se, de cada vez, 2,5 g de uréia ou 5,0 g de sulfato de amônio e 20 ml de uma solução nutritiva contendo sulfato de potássio e superfosfato simples, nas proporções de 3,75 e 3,0 g/l, respectivamente.

Não foram realizados tratos fitossaniários no experimento, em virtude das plantas não terem sido atacadas por pragas e doenças.

O corte da bananeira foi realizado aos 150 dias após o plantio, sendo cortadas 24 plantas, correspondentes a 3 repetições, ficando uma para estudos complementares. Após o corte e separação das raízes, o solo de cada recipiente foi destorroado, peneirado e homogeneizado, para determinação das características químicas, utilizando-se metodologias de RICHARDS (1954).

6. OBSERVAÇÕES EXPERIMENTAIS

6.1. Altura de Planta

A partir de 45 dias após o plantio das mudas, foram realizadas medições quinzenais de alturas de plantas, sendo medida a distância do colo da planta ao ponto de interseção das duas últimas folhas, utilizando-se uma régua.

6.2. Diâmetro do Pseudocaule

As medições quinzenais de diâmetro do pseudocaule foram feitas na altura do colo, tendo sido iniciadas a partir de 75 dias após o plantio das mudas, utilizando-se um paquímetro.

6.3. Área Foliar

O acompanhamento da área foliar, em intervalos de 15 dias, foi iniciado a partir de 75 dias após o plantio, medindo-se a terceira última folha, nos sentidos longitudinal e transversal. A área foliar unitária foi estimada multiplicando-se o produto do comprimento e largura pelo fator 0,8, de acordo com recomendação de MOREIRA (1987). A área foliar total da planta foi determinada multiplicando-se a área foliar unitária pelo número de folhas vivas.

6.4. Crescimento da Folha

A partir de 120 dias do plantio, estudou-se o crescimento da folha, medindo-se diariamente o comprimento da folha bandeira desde o seu aparecimento até a abertura completa. Foi computada a duração do crescimento em todas as plantas e calculado um tempo médio de crescimento para cada tratamento.

6.5. Peso Seco da Planta

Após o corte da bananeira, as partes aérea e radicular das plantas foram separadas e postas para pré-secagem em casa de

vegetação, determinando-se, em seguida, os pesos secos, após secagem em estufa a 60°C, durante 72 horas.

7. ANALISE FOLIAR

Por ocasião do corte da bananeira, seguindo recomendação de BOLAND (1980), a última folha totalmente aberta, em todos os tratamentos, foi lavada com água destilada e submetida a secagem em estufa a 60°C, determinando-se o seu peso seco, após 72 horas. A parte mediana da folha, sem a nervura central, foi triturada em moinho elétrico para análises químicas. Os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cloro, manganês, ferro, cobre e zinco foram determinados mediante metodologia da EDXRF (Energy Dispersive X - Ray Florescence), recomendada por KNUDSEN et alii (1981). A percentagem de nitrogênio foi estimada no extrato de ácido sulfúrico pela metodologia citada por POIDECIN & ROBINSON (1964), utilizando-se espectrofotômetro, enquanto que o sódio foi determinado no extrato de ácido nítrico e perclórico (RICHARDS, 1954), mediante fotometria de chama. Os teores obtidos foram comparados com os da AIR - Amostragem Internacional de Referência (MOREIRA, 1987) e com as características do solo na época do corte da bananeira.

8. ANALISE ESTATISTICA

Os efeitos de diferentes qualidades de água de irrigação no crescimento da bananeira Nanica, nas diversas variáveis estudadas, foram avaliados através de métodos normais de análise de

variância (Teste F), utilizando-se o programa desenvolvido por HARVEY (1987). As médias representativas dos diversos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (GOMES, 1978). Para análise das variáveis altura de planta, diâmetro do pseudocaule e área foliar foram utilizadas 4 repetições, ao passo que o peso da matéria seca e os nutrientes da folha foram analisados com apenas 3 repetições.

CAPITULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. EFEITOS DE DIFERENTES QUALIDADES DE AGUA DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DA BANANEIRA NANICA (Musa sp.).

1.1. Altura de Plantas

Na Figura 2 estão apresentados os valores de alturas médias de plantas obtidos nos diferentes tratamentos, onde se observa que, de maneira geral, o aumento da concentração de sais na água de irrigação proporcionou uma redução de crescimento da bananeira, embora A₅ tenha apresentado alturas superiores a B₂ no início (até aos 100 dias). Quanto ao tipo de água, as diferenças não foram notáveis, com exceção dos tratamentos com 40 meq/l onde o tipo A (bicarbonatado) apresentou alturas superiores em relação ao B (cloretado). Observa-se também que os aumentos foram menores nos tratamentos com concentração a partir de 25 meq/l. Os tratamentos testemunha e B₅ apresentaram alturas máximas e mínimas, respectivamente, durante todo o período, sendo notórias as diferenças desde o início das medições (45 dias). As plantas irrigadas com água B₅, aos 45 dias, apresentavam altura média equivalente a 70% em relação a testemunha, enquanto aos 150 dias

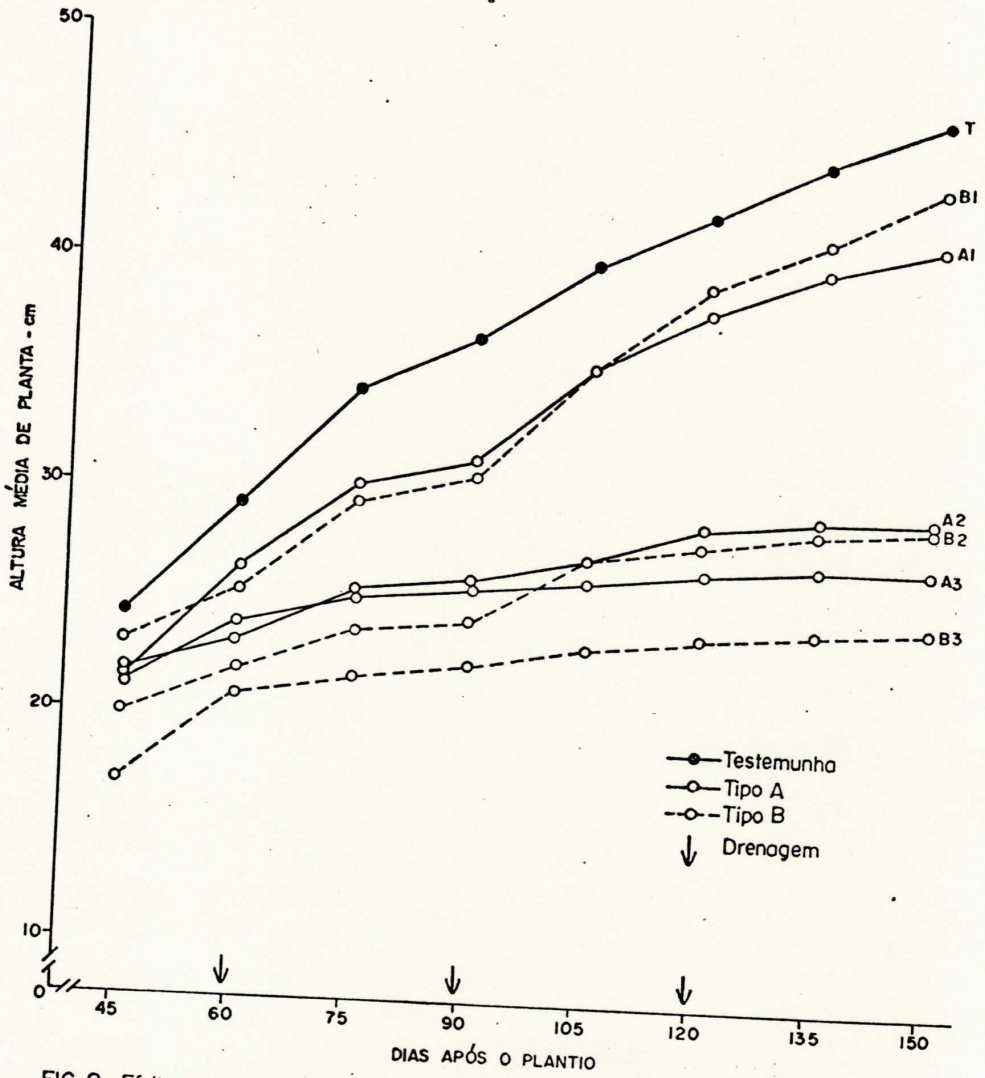


FIG. 2 - Efeitos de diferentes qualidades de água de irrigação no crescimento da bananeira Nanica.

esta percentagem foi reduzida para 52%, mostrando que com o tempo os efeitos da salinidade tornaram-se mais drásticos. Convém lembrar que, realizando estudos com águas salinas, ISRAELI et alii (1986) constataram uma redução de 19% na altura de filhotes de bananeiras, no final do primeiro ano.

A Figura 2 mostra ainda que os crescimentos das plantas, principalmente na testemunha e na concentração de 10 meq/l, não foram uniformes durante todo o período. Nos primeiros 15 dias após as drenagens, realizadas em intervalos de 30 dias, houve um crescimento relativamente maior. Este fato tanto pode estar relacionado com o abaixamento do nível de salinidade, devido as lixiviações de sais, como pelas adubações de cobertura logo após as drenagens.

Na Figura 3A apresentam-se as alturas médias e relativas, observadas aos 150 dias, para os diferentes tratamentos, onde observa-se que o aumento da concentração nos dois tipos de água proporcionou reduções de alturas de plantas muito semelhantes, atingindo valores médios de 90, 62 e 55%, respectivamente, para as concentrações de 10, 25 e 40 meq/l, em relação a testemunha.

No presente estudo, verifica-se que plantas sob tratamentos salinos utilizaram na evapotranspiração menores volumes de água de irrigação (Tabela 9), indicando que as reduções observadas foram provavelmente devido aos efeitos osmóticos, reduzindo ou impedindo a absorção de água pelas raízes (AYERS & WESTCOT, 1925). No entanto, em tratamentos mais salinos (25 e 40 meq/l) as plantas mostraram queimaduras acentuadas nas folhas (Fotos 1 e

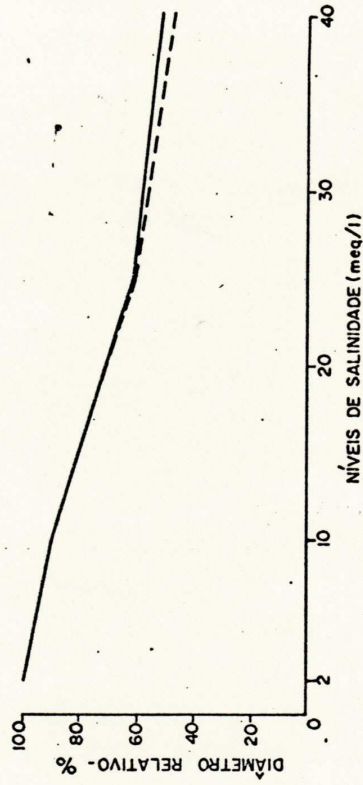
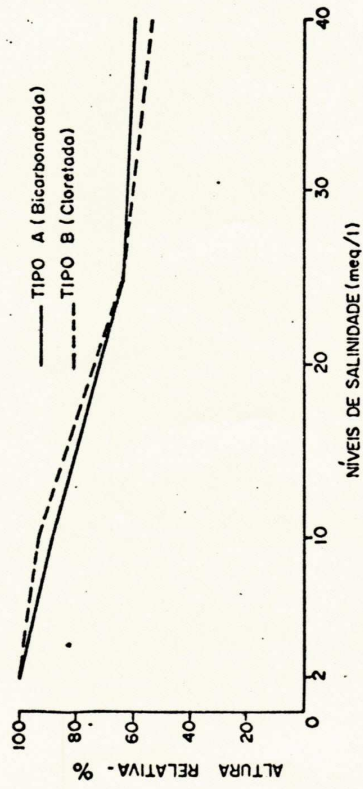
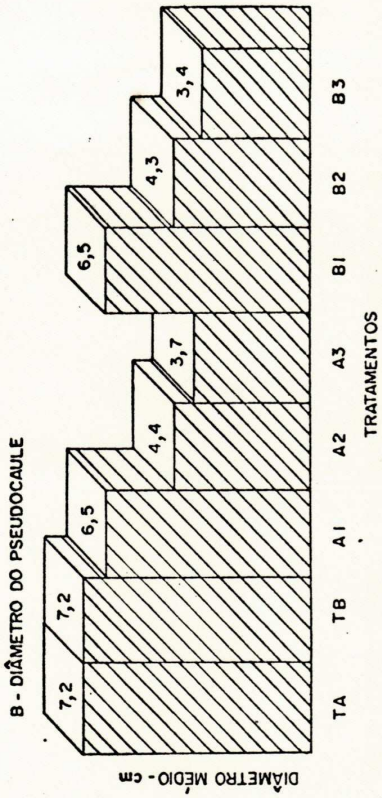
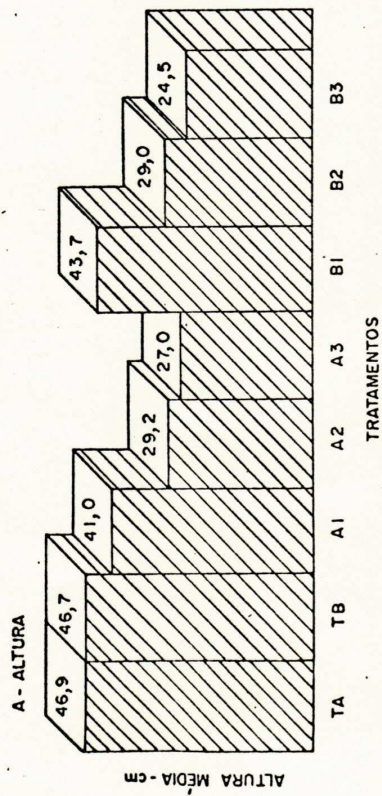


FIG. 3- Valores médios e relativos de alturas de plantas e diâmetros do pseudo caule de bananeiras Nanica, aos 150 dias do plantio, em função de tipos de água e níveis de salinidade.

2), indicando que nesses tratamentos os efeitos tóxicos de sais também contribuíram para menor desenvolvimento das plantas, fato também observado por SWARUP (1982).

Em condições de campo, utilizando água com CE de 3,6 dS/m de condutividade elétrica, ISRAELI et alii (1986) observaram que o efeito da salinidade torna-se mais pronunciado no segundo ano, causando retardamento do crescimento e declínio da produção. No entanto, em condições de casa de vegetação, os efeitos foram drásticos já a partir do primeiro ano e que águas com concentração salina a partir de 25 meq/l (CE \approx 2,5 dS/m) tornaram-se prejudiciais à cultura da bananeira, reduzindo o seu crescimento em até 45% nos primeiros 5 meses. Esses resultados mostram que as lixiviações realizadas em condições de casa de vegetação não foram eficientes, permitindo um aumento gradativo da salinidade do solo, fato este comprovado pela análise de solo feita no final do experimento (Tabela 15).

A análise de variância das alturas finais de plantas (Tabela 10) revelou efeitos significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para níveis de salinidade e tratamentos; ao contrário do tipo de água utilizado e da interação (tipo x nível), cujos efeitos não foram significativos. A comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, não mostrou diferenças significativas entre a testemunha (2 meq/l) e os tratamentos com 10 meq/l (A_1 ou B_1), bem como entre aqueles com concentração a partir de 25 meq/l; no entanto, os dois grupos apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 11). A equação de regressão quadrática (Tabela 12), significante a 1% de



FOTO 1 - Crescimento da bananeira Nanica, irrigada com água bicarbonatada, em diferentes níveis de salinidade.



FOTO 2 - Crescimento da bananeira Nanica, irrigada com água cloretada, em diferentes níveis de salinidade.

probabilidade, demonstra que os valores médios de altura de planta (Y) diminuíram com o aumento da salinidade da água de irrigação (X). Como mostra a Tabela 10, os efeitos de níveis de salinidade na altura da bananeira também poderão ser determinados mediante equação linear, embora com menor grau de confiabilidade.

TABELA 10 - Resumo de análises de variância de altura de planta, diâmetro do pseudocaule, áreas foliares e pesos secos de bananeiras Nanica, aos 150 dias, sob diferentes qualidades de água de irrigação.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS					
		Altura	Diâmetro	Área Foliar x 10 ³		Peso Seco	
				Unitária	Total	P.Áerea	Raiz
Tipo de Água	1	1,76	0,63	0,40	0,38	34,80	0,79
Níveis de Salinidade	3	826,34**	24,16**	1553,26**	358847,87**	11167,57**	2243,63**
Linear	1	2340,32**	70,20**	4289,65**	997397,50**	31728,33**	6120,34**
Quadrático	1	86,14**	1,25*	215,45**	34202,56**	1512,89**	408,36**
Cúbico	1	52,56*	1,03*	154,67**	44943,52**	261,49*	202,19**
Interação (Tipo x Nível)	3	11,01	0,12	3,36	733,02	80,45	1,01
Tratamentos	(7)	314,22**	9,18**	583,78**	134842,88**	4222,36**	841,84**
Resíduo ¹	24/16	10,43	0,17	5,68	914,50	44,56	16,50
Total ²	31/23	-	-	-	-	-	-
Desvio Padrão	-	3,23	0,41	75,38	956,29	6,67	4,06
C.V	-	8,97	7,61	8,40	10,74	9,49	18,63

* e ** - Significativos aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

1- Grau de liberdade variável (24 para as variáveis altura, diâmetro e área foliar e 16 para pesos secos).

2- Grau de liberdade variável (31 para as variáveis altura, diâmetro e área foliar e 23 para pesos secos).

TABELA 11 - Valores médios de altura de planta, diâmetro do pseudocaule, áreas foliares e pesos secos de bananeiras Nanica, aos 150 dias, em função de tipos de água e níveis de salinidade.

FATORES	VALORES MÉDIOS ¹					
	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Área Foliar (cm ²)		Peso Seco (g)	
			Unitária	Total	P. Aérea	Raiz
Tipos de Água						
A (cloretada)	36,25	5,55	901,37	8900,86	71,57	21,99
B (bicarbonatada)	35,78	5,27	894,26	8907,79	69,16	21,62
Níveis de Salinidade						
N ₁ (2 meq/l)	46,81a	7,22a	1360,62a	15647,57a	118,89a	42,64a
N ₂ (10 meq/l)	42,37a	6,50b	1184,82b	13598,75b	93,62b	33,80b
N ₃ (25 meq/l)	29,12b	4,37c	571,90c	4093,42c	42,02c	7,00c
N ₄ (40 meq/l)	25,75b	3,54d	473,92c	2277,55d	26,95d	3,79c
Média	36,01	5,41	897,82	8904,32	70,37	21,81

1- Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 12 - Equações de regressão das variáveis estudadas (Y) em função do nível de salinidade da água de irrigação (X), para a cultura da bananeira, aos 150 dias do plantio.

VARIÁVEIS ESTUDADAS	EQUAÇÕES DE REGRESSÃO					R ²
Altura de Planta	Y =	49,8480	-	1,0478X	+ 0,0109X ²	89,0 **
Diâmetro do Pseudocaule	Y =	7,6710	-	0,1571X	+ 0,0013X ²	93,4 *
Área Foliar Unitária	Y =	1508,2710	-	48,1640X	+ 0,5440X ²	93,9 **
Área Foliar Total	Y =	17877,6350	-	673,4790X	+ 6,8540X ²	93,9 **
Peso Seco da Parte Aérea	Y =	131,3474	-	4,7246X	+ 0,0526X ²	97,1 **
Peso Seco da Raiz	Y =	49,2741	-	2,2540X	+ 0,0273X ²	93,3 **

* e ** - Significativos aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

1.2. Diâmetro do Pseudocaulo

A Figura 4 apresenta os diâmetros médios dos pseudocaulos das plantas, durante todo o período experimental, para os diferentes tratamentos. Observa-se que, em função do tempo, os aumentos de diâmetro foram maiores para os tratamentos menos salinos, fato também comprovado nas Fotos 1 e 2. Os tratamentos T e B₀ apresentaram, respectivamente, diâmetros máximos e mínimos, durante todo o período. Observa-se também que, com o tempo, os efeitos da salinidade tornaram-se mais drásticos, devido a acumulação gradual de sais no solo, verificando-se reduções de 34 e 53% no tratamento B₀, em relação a testemunha, aos 75 e 150 dias, respectivamente. A Figura 4 mostra ainda que, para uma mesma concentração, os dois tipos de água apresentaram valores de diâmetro aproximados, durante todo o período, embora na concentração de 40 meq/l as águas tipo A (bicarbonatadas) mostrem uma ligeira vantagem.

Na Figura 3B estão apresentados os valores médios e relativos de diâmetro do pseudocaulo, aos 150 dias, para os diferentes tratamentos. Observa-se que os efeitos dos dois tipos de água nas reduções de diâmetros dos pseudocaulos foram muito semelhantes, ao contrário dos diferentes níveis de salinidade que provocaram reduções variadas nos diâmetros, em relação a testemunha. Vale salientar que as reduções, nos diferentes níveis de salinidade, foram semelhantes as observadas para a altura de plantas, sendo causadas pelos motivos explicados anteriormente.

Na Tabela 10 observa-se que a análise de variância dos diâmetros dos pseudocaulos revelou efeitos significativos, ao

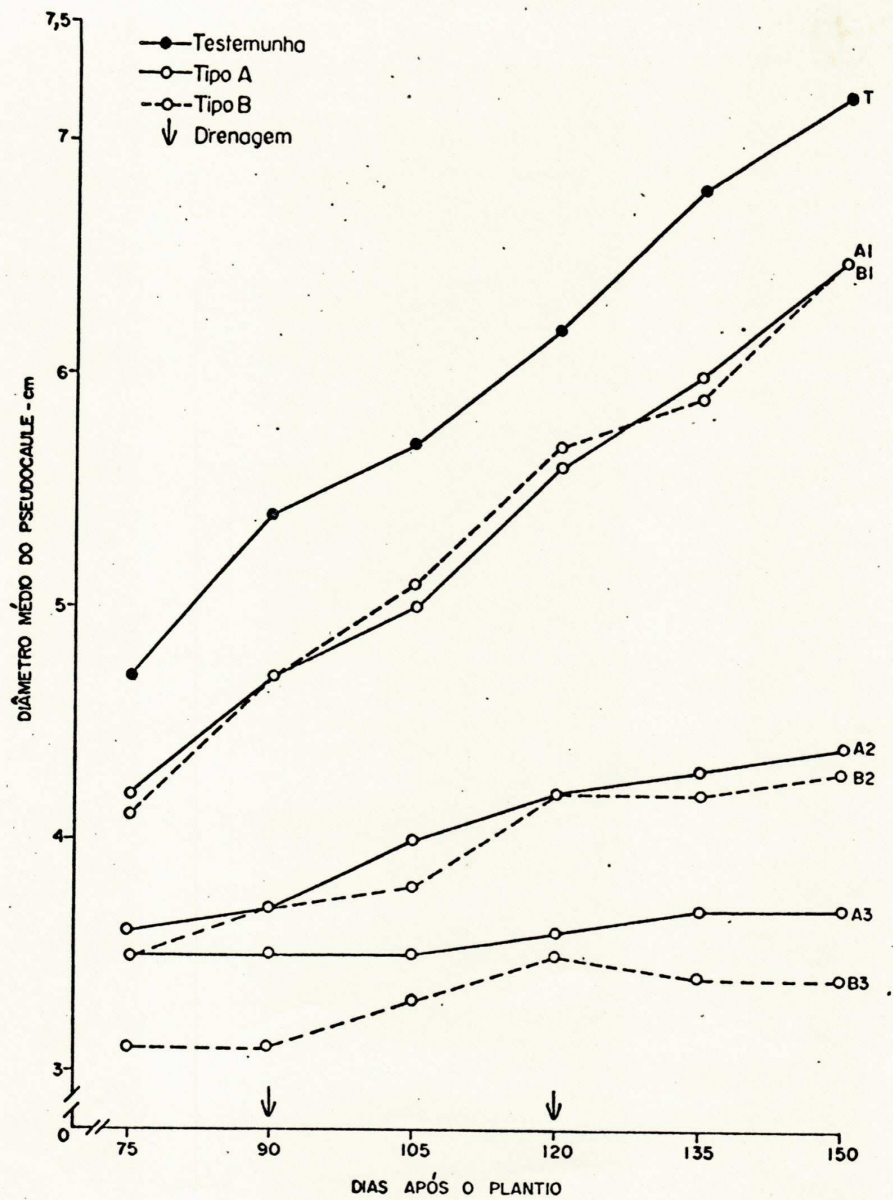


FIG. 4 - Efeitos de diferentes qualidades de água de irrigação no diâmetro do pseudocaule da banana Nanica.

nível de 1% de probabilidade, para níveis de salinidade e tratamentos; ao contrário do tipo de água utilizado e da interação (tipo x nível), cujos efeitos não foram significativos. A equação de regressão $Y = 7,6710 - 0,1571X + 0,0013X^2$, significativa a 5% de probabilidade, demonstra 93,4% da variação do diâmetro do pseudocaulo (Y) em função do nível de salinidade da água (X). A comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, detectou diferenças significativas entre todos os níveis de salinidade estudados (Tabela 11).

1.3. Área Foliar

A Figura 5A apresenta os valores médios e relativos de área foliar unitária, aos 150 dias do plantio. Observa-se que, ao contrário dos tipos de água utilizados, os efeitos dos níveis de salinidade foram muito acentuados, principalmente nos tratamentos com concentração a partir de 25 meq/l, reduzindo a área foliar unitária em média 60%, em relação a testemunha.

Os valores médios e relativos de área foliar total da planta (Figura 5B) apresentaram um comportamento idêntico ao da área foliar unitária, principalmente quanto ao tipo de água utilizado. No entanto, observa-se que as reduções de área foliar total foram mais acentuadas, sobretudo nos tratamentos com 25 e 40 meq/l (variando entre 74 e 85% em relação a testemunha). Este fato pode ser explicado pela morte exagerada de folhas nos tratamentos a partir de 25 meq/l, causada por necroses, principalmente em plantas irrigadas com águas bicarbonatadas.

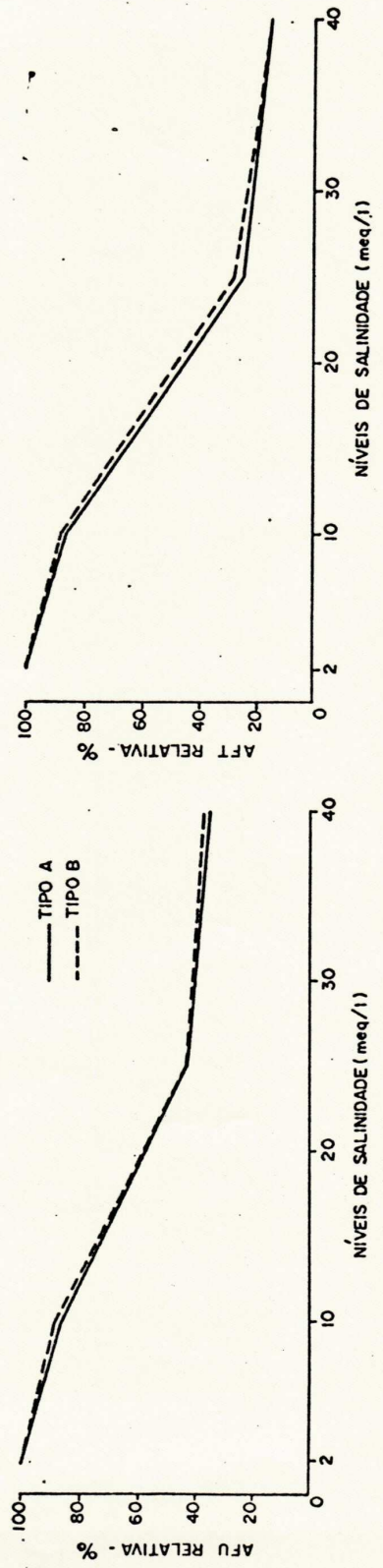
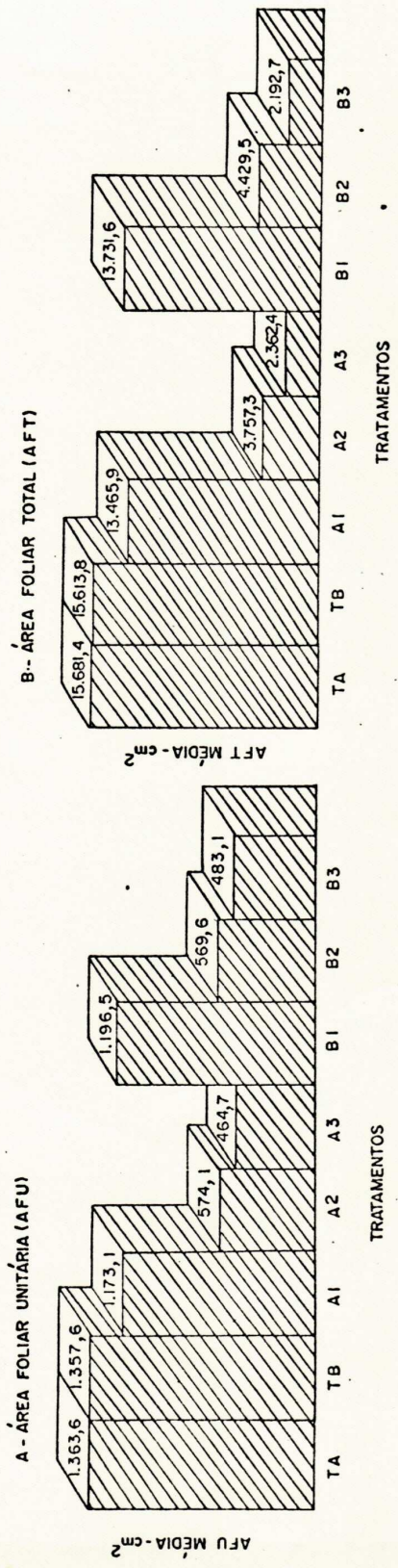


FIG. 5 - Valores médios e relativos de áreas foliares unitárias e totais de bananeiras Nanica, aos 150 dias do plantio, em função de tipos de água e níveis de salinidade.

As análises de variância das áreas foliares unitária e total, apresentadas na Tabela 10, revelaram efeitos significativos, ao nível de 1% de probabilidade, apenas para níveis de salinidade e tratamentos. As equações de regressão, apresentadas na Tabela 12, significantes a 1% de probabilidade, demonstram que os valores de áreas foliares unitária e total (Y) diminuíram com o aumento da concentração salina das águas de irrigação (X), havendo plena concordância com os resultados experimentais. A comparação de médias da área foliar total pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, mostrou diferenças significativas entre todos os níveis de salinidade estudados (Tabela 11). A comparação de médias da área foliar unitária diferenciou-se da área foliar total apenas nos níveis N_3 (25 meq/l) e N_4 (40 meq/l), cujas médias não diferiram significativamente entre si (Tabela 11).

1.4. Crescimento da Folha da Bananeira

Os resultados da duração do crescimento da folha da bananeira, para os diferentes tratamentos, obtidos a partir de 120 dias do plantio, estão apresentados na Figura 6A. Observa-se que, de maneira geral, plantas irrigadas com águas contendo concentrações salinas maiores tiveram crescimentos lentos e, conseqüentemente, períodos de abertura maiores. Nos tratamentos com concentração de até 10 meq/l (T, A_1 e B_1), o período de abertura completa da folha foi de 16 dias, enquanto que naqueles com 25 e 40 meq/l levaram até 21 e 24 dias, respectivamente, para abertura. Os tratamentos T, A_1 e B_1 tiveram crescimentos iguais

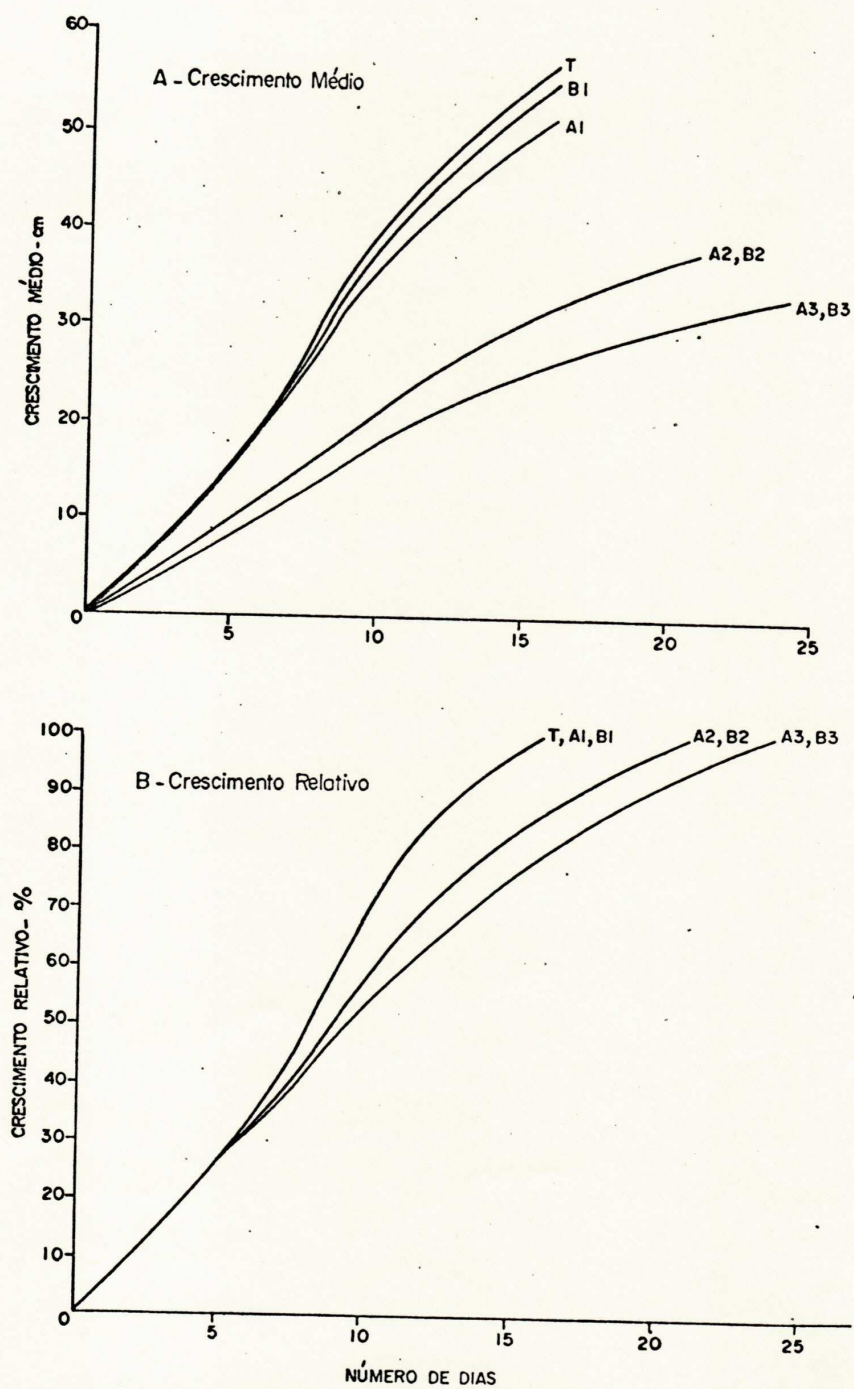


FIG. 6 - Valores médios (A) e relativos (B) de crescimento da folha da banana Nanica, para os diferentes tratamentos, a partir de 120 dias do plantio das mudas.

nos 7 primeiros dias, sendo diferenciados a partir daí, com ligeira vantagem de B₁ sobre A₁, sendo ambos inferiores a testemunha. Nos tratamentos com 25 e 40 meq/l, para os dois tipos de água, as folhas tiveram crescimentos idênticos durante todo o período.

Na Figura 6B estão apresentados os crescimentos relativos de folhas, para os diferentes tratamentos, considerando-se como 100% o comprimento médio da última medição do respectivo tratamento. Observa-se que, nos 5 primeiros dias, os percentuais de crescimento foram idênticos para todos os tratamentos, diferenciando-se a partir daí, passando a serem menores nos níveis de salinidade mais elevados. Verifica-se, ainda, que os dois tipos de água apresentaram comportamentos idênticos e que em nível de salinidade baixo (10 meq/l) o crescimento relativo da folha foi semelhante ao da testemunha, embora o seu crescimento médio tenha sido, aproximadamente, 10% inferior, mostrando assim que, em níveis baixos, a salinidade afeta apenas o tamanho da folha.

Um fato importante a considerar é que o crescimento da folha foi mais lento nos últimos 30 dias, em todos os tratamentos, comparado com o crescimento médio durante todo o período de realização do estudo, sobretudo nos tratamentos com concentrações de 25 e 40 meq/l, cuja duração foi em média 1,5 vezes maior. Esses resultados eram esperados devido ao aumento gradual da concentração de sais no solo com o tempo (Tabela 15).

1.5. Peso Seco da Planta

Na Figura 7A estão apresentados os valores médios e

relativos de peso seco da parte aérea, aos 150 dias. Observa-se que os efeitos dos dois tipos de água na redução de peso seco da parte aérea foram semelhantes, no entanto os diferentes níveis de salinidade de água provocaram reduções acentuadas, principalmente nos tratamentos com concentração a partir de 25 meq/l, verificando-se uma redução de até 80% em B₃ (40 meq/l - clorurado), em relação a testemunha.

Os valores médios e relativos de peso seco da raiz (Figura 7B) apresentaram um comportamento idêntico ao do peso seco da parte aérea, principalmente quanto ao tipo de água utilizado. Entretanto, observa-se que os efeitos da salinidade na raiz foram mais severos, principalmente nos tratamentos com concentração a partir de 25 meq/l, constatando-se uma redução de peso seco de 93% no tratamento B₃, em relação a testemunha.

Os valores baixos de pesos secos nos tratamentos mais salinos foram uma consequência da redução de crescimento do sistema radicular da bananeira com o aumento da salinidade, não permitindo absorção de maiores volumes de água, influenciando de maneira negativa na evapotranspiração, devido aos menores volumes requeridos nas irrigações. Em virtude disto, os maiores valores de pesos secos (Figura 7A e B) e de volumes de água evapotranspirados (Tabelas 9 e 19) são verificados nos tratamentos menos salinos.

As análises de variância dos pesos secos das partes aérea e radicular, apresentadas na Tabela 10, revelaram apenas efeitos significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para níveis de salinidade e tratamentos. As equações de regressão,

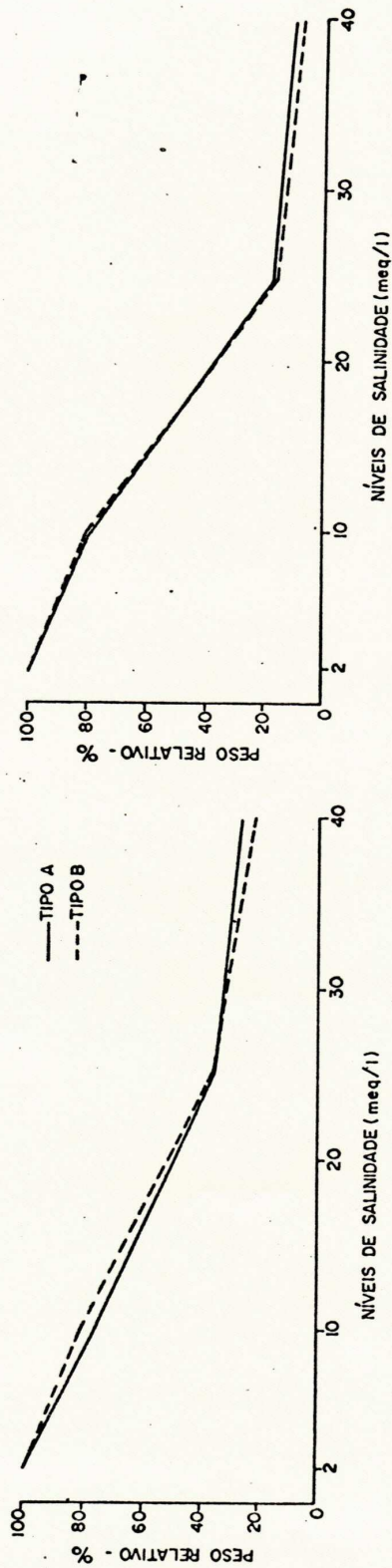
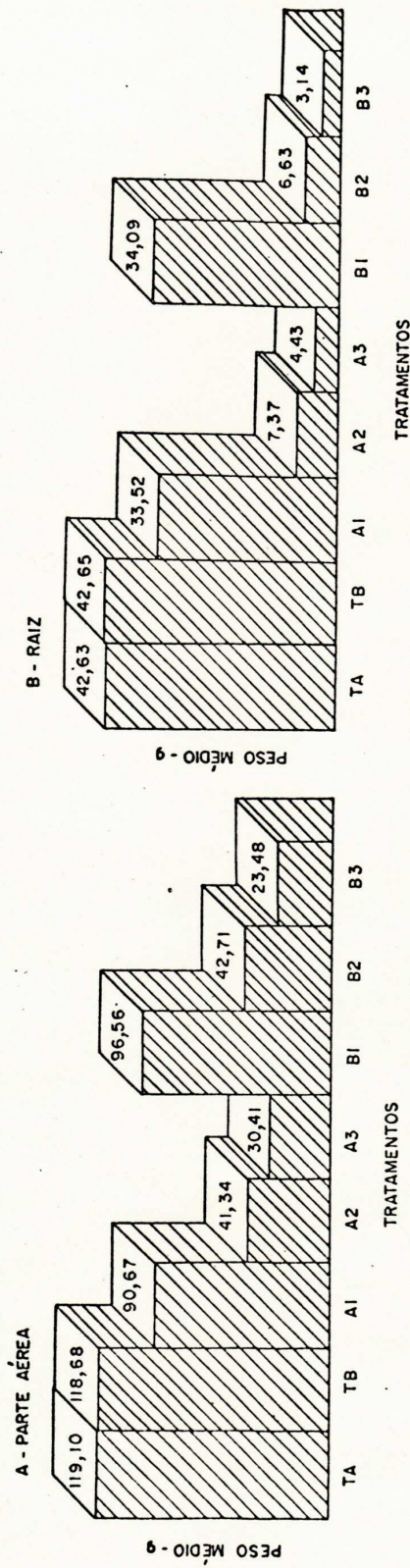


FIG. 7 - Valores médios e relativos de pesos secos das partes aérea e radicular de bananeiras Nanico, aos 150 dias do plantio, em função de tipos de água e níveis de salinidade.

apresentadas na Tabela 12, significantes a 1%, demonstram que os valores de pesos secos (Y) diminuíram com o aumento do nível de salinidade da água de irrigação (X), havendo plena concordância com os resultados experimentais (Figura 8). A comparação de médias do peso seco da parte aérea pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, mostrou diferenças significativas entre todos os níveis de salinidade estudados (Tabela 11). O peso seco da raiz diferenciou-se da parte aérea apenas nos níveis N_3 (25 meq/l) e N_4 (40 meq/l), cujas médias não diferiram significativamente entre si (Tabela 11).

2. EFEITOS DE DIFERENTES QUALIDADES DE ÁGUA DE IRRIGALÃO NA COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DA FOLHA DA BANANEIRA.

Na Tabela 13 estão apresentados os teores médios de diferentes elementos na folha da bananeira Nanica, aos 150 dias após o plantio, obtidos em função do tipo de água e nível de salinidade, bem como os valores para a mesma cultivar, segundo Amostragem Internacional de Referência (AIR), obtida por MOREIRA (1987)¹. Comparando-se os resultados dos dois trabalhos, verifica-se que no presente estudo as folhas apresentaram teores baixos de Ca e Mn e altos de P, K, Cu e Na, enquanto os demais nutrientes permaneceram na faixa normal. Estes resultados indicam que de certa forma o estado nutricional da planta foi alterado pela salinidade e tipo de água utilizado na irrigação.

1. Utilizando a 3ª última folha antes da inflorescência da bananeira cultivada em solo sem problemas de salinidade e fertilidade.

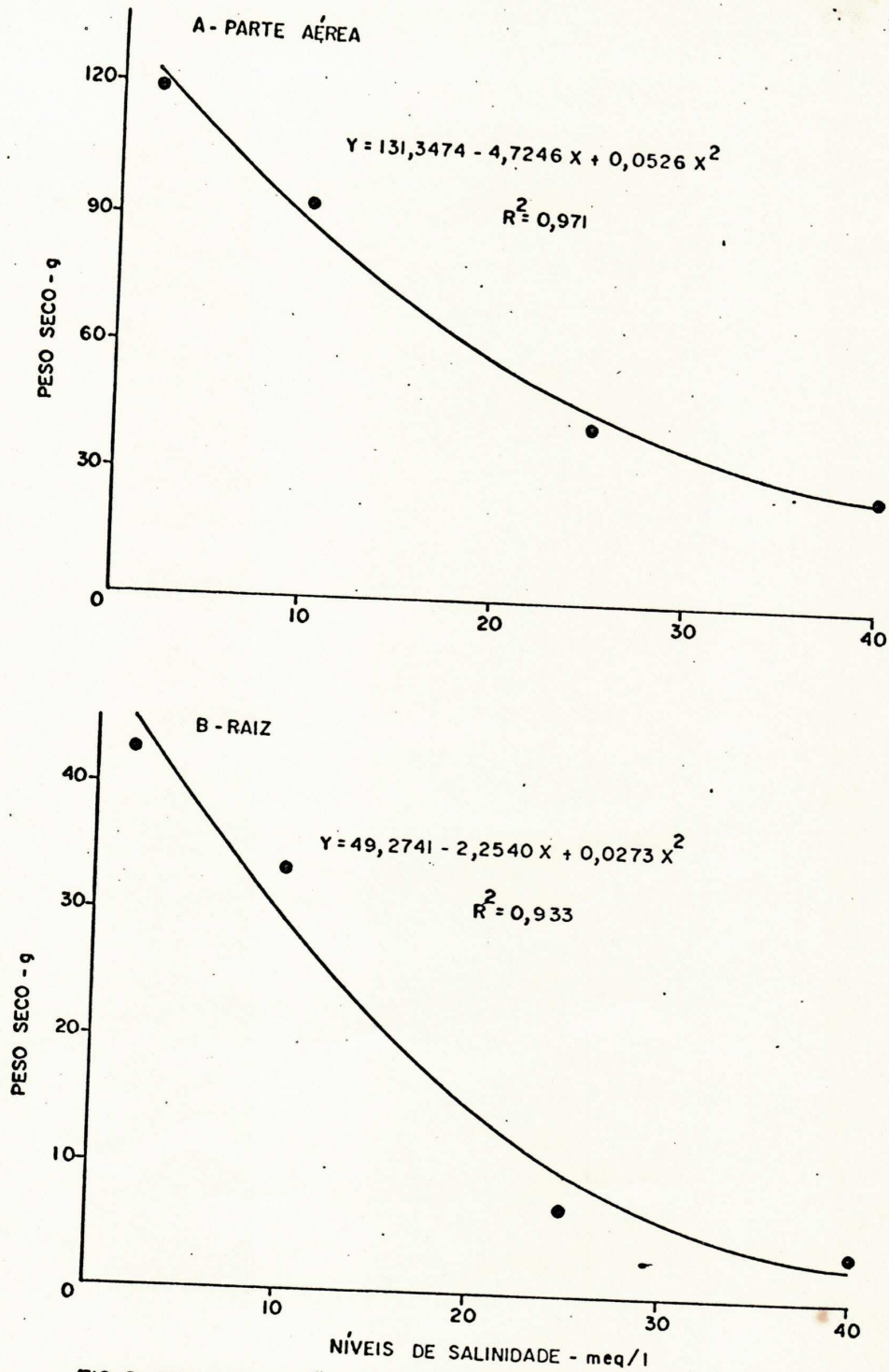


FIG. 8 - Efeitos dos níveis de salinidade da água de irrigação nos pesos secos das partes aérea (A) e radicular (B) da bananeira Nanica, aos 150 dias do plantio.

TABELA 13 - Teores médios¹ de diferentes elementos na folha da bananeira Nanica, aos 150 dias do plantio, sob diferentes qualidades de água de irrigação, comparados com os da Amostragem Internacional de Referência (AIR).

FATORES	TEOR MÉDIO DE ELEMENTOS											
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cl (%)	Na (%)
Tipos de Água												
A	3,05	0,30	5,47	0,40	0,36	0,26	135,72	114,55	11,12	16,42	1,44a	1,26a
B	2,98	0,29	5,64	0,45	0,36	0,27	126,77	193,14	10,48	16,23	1,83b	0,72b
Níveis de Salinidade												
N ₁ (2 meq/l)	2,88	0,26a	4,36a	0,49	0,36	0,29a	149,18ab	212,15	11,37	17,31	0,79a	0,28a
N ₂ (10 meq/l)	3,11	0,26a	4,66a	0,38	0,39	0,27a	89,05a	120,35	11,07	17,20	1,82b	0,71b
N ₃ (25 meq/l)	3,00	0,29ab	5,96ab	0,49	0,37	0,27a	173,43b	105,62	10,38	16,32	1,93b	1,40c
N ₄ (40 meq/l)	3,07	0,37b	7,24b	0,32	0,34	0,23b	111,32ab	177,27	10,40	14,47	2,03b	1,57c
Média	3,02	0,29	5,55	0,42	0,36	0,26	131,24	153,84	10,80	16,32	1,64	0,99
Teor Médio (AIR) ²	2,41	0,17	2,90	2,06	0,30	0,23	639,00	155,00	6,00	16,30	1,51	0,50*

1 - Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

2 - Segundo MOREIRA (1987).

3 - Segundo ISRAELI et alii (1986).

As análises de variância dos teores de elementos na folha, apresentadas na Tabela 14, revelaram efeitos significativos de níveis de salinidade nos teores de P, K, S, Na e Cl, ao nível de 1% de probabilidade, e de Mn a 5%, enquanto os tipos de água afetaram significativamente apenas os teores de Na e Cl, aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. O efeito da interação (tipo x nível) só foi significativo no teor de Na, ao nível de 1% de probabilidade. Nos teores dos demais nutrientes estudados, os efeitos de tipos de água e de níveis de salinidade não foram significativos.

TABELA 14 - Análises de variância dos teores médios de diferentes elementos na folha da bananeira Manica, aos 150 dias, sob diferentes qualidades de água de irrigação.

FONTES DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS ¹											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Cu	Zn	Cl	Na
Tipos de água	1	243,21	0,30	1573,02	128,34	0,03	0,63	481,51	37059,90	2,47	0,202	0,88*	1,72**
Níveis de Salinidade	3	598,15	148,13**	104802,55**	444,27	27,36	32,05**	8406,96*	14791,87	1,45	10,405	1,87**	2,16**
Linear	1	455,93	394,84**	310979,10**	450,30	31,53	86,79**	16,71	1682,26	3,73	28,850	3,65**	6,03**
Quadrático	1	168,76	49,30	2023,71	129,82	37,83	0,81	1284,66	40596,65	0,52	2,363	1,44*	0,44**
Cúbico	1	1169,75	0,24	1404,83	752,70	12,72	8,54	23919,52**	2096,70	0,11	0,001	0,84*	0,02
Interação (Tipo x Nível)	3	406,20	1,44	3610,94	95,50	16,05	3,12	1047,30	13490,56	1,90	28,447	0,15	0,27*
Tratamentos	(7)	482,03	56,01	40851,69**	218,46	16,28	13,27*	3605,54	15238,40	1,57	14,595	0,31**	1,12**
Resíduo	16	493,71	23,88	10457,82	226,05	102,50	3,82	1610,25	24003,60	4,56	11,212	0,18	0,04
Total	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvio Padrão	-	0,22	0,05	1,02	0,15	0,10	0,19	40,13	154,93	2,16	3,35	0,43	0,21
C.V.	-	7,37	16,52	18,41	35,54	27,93	7,36	30,57	100,71	19,98	20,51	26,18	20,79

* e ** - Significativos aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

1- Os quadrados médios dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S estão multiplicados por 10⁴.

De maneira geral, houve aumentos das percentagens de P, K, Na e Cl na matéria seca da folha da bananeira com o aumento da salinidade da água de irrigação (Tabela 13). As comparações de médias dos referidos elementos pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, indicaram que os teores de Na e Cl foram mais influenciados pela salinidade do que os dos demais nutrientes estudados, uma vez que as médias dos tratamentos com concentração de 10 meq/l diferiram significativamente do tratamento testemunha, fato não ocorrido com os nutrientes P, K e S, onde só foram detectadas diferenças significativas, em relação a teste-

munha, no tratamento com 40 meq/l. Observa-se, também, que houve uma pequena diminuição do teor de S na folha com o aumento da salinidade da água, mais notadamente no tratamento com 40 meq/l, cuja média diferiu significativamente das médias dos demais tratamentos (Tabela 13). No caso do Mn, não foi observado qualquer tendência definitiva em relação aos níveis de salinidade, todavia foram detectadas diferenças significativas apenas entre as médias dos tratamentos com concentrações de 10 e 25 meq/l. Vale salientar que entre os elementos afetados significativamente, o Mn apresentou o maior coeficiente de variação, o que talvez explique o comportamento irregular para este elemento.

Os efeitos significativos de diferentes tipos de água e níveis de salinidade nos teores de elementos observados foram uma consequência da influência da qualidade de água nas características do solo, como mostra a Tabela 15.

Os teores de Cl na folha da bananeira predominaram nos tratamentos com águas cloradas (Tabela 13), em consequência da sua maior concentração nas referidas águas e, por conseguinte, na solução do solo (Tabela 15). Os maiores teores de Na observados nas folhas de bananeiras irrigadas com águas bicarbonatadas foram devido a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio no solo, proporcionando um aumento na concentração relativa de Na ou RAS na solução do solo (Tabela 15). HERNANDEZ ABREU et alii (1986) também constataram teores maiores de Na em bananeiras irrigadas com águas ricas em bicarbonato.

Os efeitos de tipos de água e níveis de salinidade na absorção de elementos podem ser determinados mediante equações

TABELA 15 - Dados médios de análises químicas de solos, antes e após experimento.

CARACTERÍSTICAS	SOLO		TRATAMENTOS					
	ORIGI	T	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃
pH da Pasta de Saturação	7,2	7,9	8,5	8,4	8,5	8,1	7,8	7,6
Percentagem de Saturação	30,3	30,6	29,9	31,1	31,7	31,1	31,3	30,7
Análise do Extrato de Saturação								
Condutividade Elétrica (dS/m)	1,54	1,21	3,08	7,83	12,93	3,88	13,67	23,20
Cátions Solúveis (meq/l)								
Cálcio	9,50	4,98	4,95	8,17	10,50	7,95	27,22	55,50
Magnésio	4,50	2,36	2,10	3,60	5,77	3,45	19,65	32,85
Sódio	3,20	5,32	23,55	73,20	122,40	29,25	90,00	162,60
Potássio	1,30	0,08	0,11	0,48	0,70	0,14	0,91	2,43
Relação de Adsorção de Sódio (mmoles/l) *	1,21	2,78	12,60	30,37	43,48	12,28	18,18	24,48
Anions Solúveis (meq/l)								
Cloreto	10,40	4,83	15,83	46,17	96,33	29,83	127,50	230,83
Carbonato	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
Bicarbonato	8,20	6,25	11,55	8,63	9,52	7,42	7,62	7,36
Sulfato	Aus.	2,53	3,09	9,18	12,91	6,21	9,26	15,75
Complexo Sorativo (meq/100g)								
Cálcio	6,47	7,43	6,41	5,69	4,77	6,85	5,61	5,19
Magnésio	3,69	2,95	3,14	3,36	3,06	3,06	3,57	3,06
Sódio	0,38	0,53	1,87	2,94	3,97	1,31	1,80	3,18
Potássio	0,78	0,18	0,22	0,33	0,48	0,19	0,33	0,58
Soma dos Cátions Trocáveis	11,32	11,09	11,64	12,32	12,28	11,41	11,31	12,01
Percentagem de Sódio Trocável	3,35	4,76	16,08	23,82	32,37	11,47	15,92	26,34

de regressão linear (P, K e S) e quadrática (Na e Cl), como mostra a Tabela 16, sendo que apenas as equações referentes ao Na podem ser utilizadas com maior segurança, devido ao alto valor do coeficiente de determinação ($r^2 = 0,927$).

No caso do Na e Cl, devido as análises de variância terem revelado efeitos significativos dos tipos de água nos teores dos referidos elementos (Tabela 14), existem duas equações de regressão, uma para cada tipo de água. Na Figura 9 observa-se que, para uma mesma concentração, o aumento dos teores de Na nas águas bicarbonatadas (A), em relação as cloretadas (B), é superior ao aumento do Cl nas águas cloretadas, em relação as bicarbonatadas.

TABELA 16 - Equações de regressão para teores médios de elementos na folha da bananeira Nanica (Y) em função do nível de salinidade da água de irrigação (X), aos 150 dias do plantio.

NUTRIENTES ¹		EQUAÇÕES DE REGRESSÃO			R ²		
Fósforo	Y =	0,2421	+	0,0028X	48,0**		
Potássio	Y =	4,0489	+	0,0782X	65,4**		
Enxofre	Y =	0,2906	-	0,0013X	57,8**		
Sódio(A)	Y =	0,1522	+	0,0919X	-	0,0011X ²	92,7**
Sódio(B)	Y =	0,0875	+	0,0528X	-	0,0006X ²	92,7**
Cloro(A)	Y =	0,6609	+	0,0843X	-	0,0014X ²	62,9*
Cloro(B)	Y =	0,8362	+	0,1067X	-	0,0018X ²	62,9*

1 - A e B referem-se a águas bicarbonatadas e cloretadas, respectivamente.

* e ** - Significativos aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

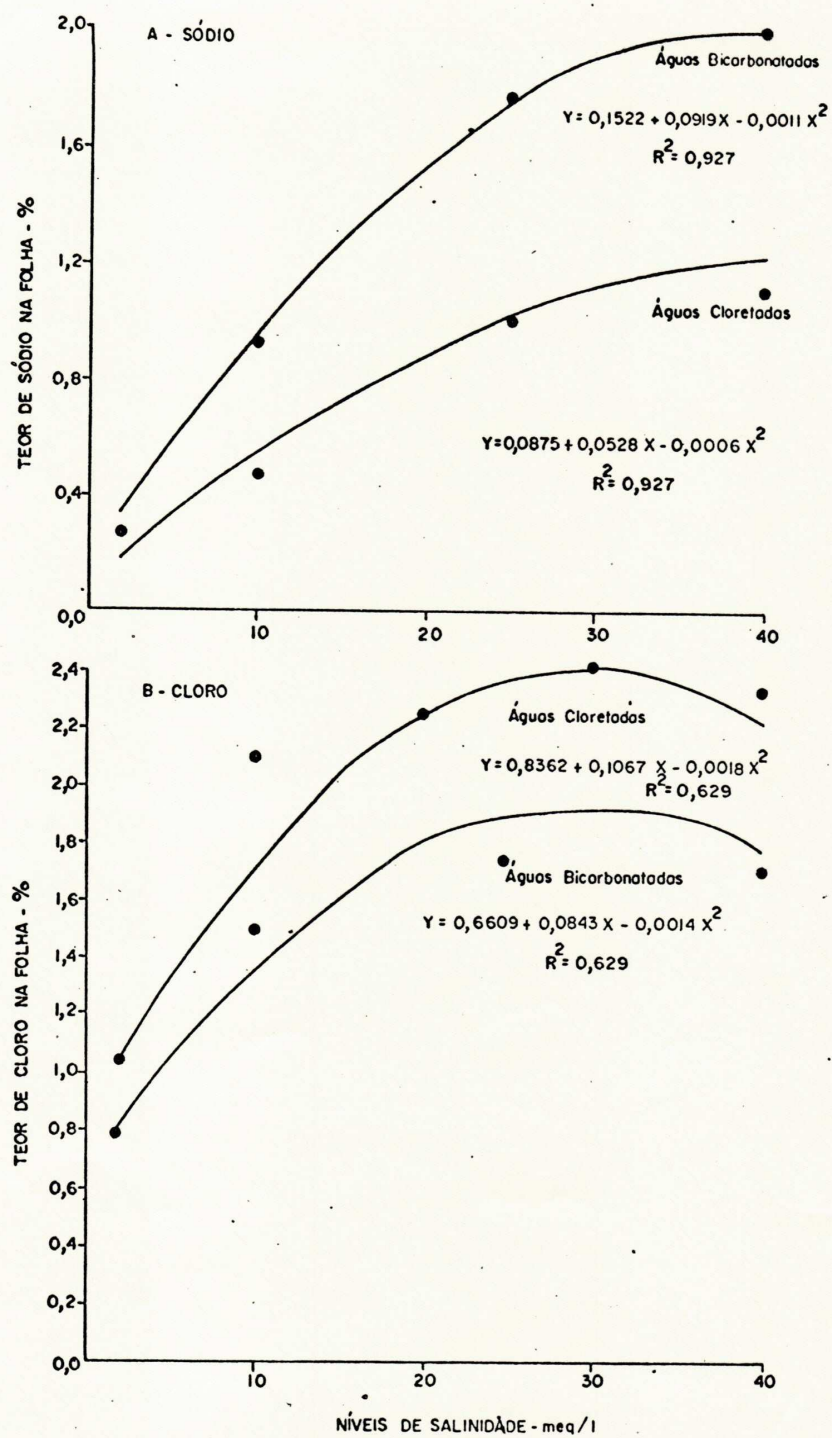


FIG.9 - Efeitos dos diferentes níveis de salinidade e tipos de águas de irrigação nos teores de Sódio(A) e Cloro(B) na folha da bananeira Nanica, aos 150 dias de plantio.

No caso do Na, um fato importante a considerar foi a interação (tipo x nível de salinidade) ter sido significativa (Tabela 14). A comparação de médias do referido nutriente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 17), revelou diferenças significativas para os tipos de água apenas nos níveis N_3 e N_4 , sendo os teores de Na em águas bicarbonatadas nos referidos níveis, em média, 30% maiores do que nas cloretadas.

Quanto aos efeitos dos níveis de salinidade dentro dos tipos de água, observa-se que nas águas bicarbonatadas (A) os teores médios de Na nos níveis N_3 e N_4 não diferiram significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, acontecendo o contrário entre os demais contrastes. No tipo B (cloretada), os efeitos da salinidade mostraram diferenças significativas para N_1 em relação a N_3 e N_4 , bem como para N_2 em relação a N_4 (Tabela 17).

TABELA 17 - Valores médios¹ do teor de sódio na folha da bananeira Nanica, aos 150 dias do plantio, em função de tipos de água e níveis de salinidade.

TIPOS DE AGUA	NIVEIS DE SALINIDADE			
	N_1	N_2	N_3	N_4
A	0,27Aa	0,94Ba	1,78Ca	2,04Ca
B	0,29Aa	0,48ABa	1,02BCb	1,10Cb

1 - Médias seguidas de letras diferentes (maísculas nas linhas e minúsculas nas colunas) apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Ainda, um outro fato importante a considerar foi a ocorrência de cloroses e necroses nas folhas da bananeira, sendo mais pronunciadas em plantas irrigadas com águas bicarbonatadas, como mostra a Tabela 18, provavelmente devido a maior sensibilidade das plantas ao sódio. LAHAV & TURNER 1983) também observaram cloroses e necroses marginais em folhas de bananeiras por toxidez de Na, Cl ou sais e constataram que bananeiras, como muitas plantas, são mais sensíveis ao sódio do que ao cloreto.

TABELA 18 - Número médio de folhas afetadas por cloroses e necroses, aos 150 dias do plantio, para os diferentes tratamentos.

TRATAMENTOS	Nº DE FOLHAS			% DE FOLHAS AFETADAS
	Sadias	Afetadas	Total	
T _a	11,50	0,00	11,50	0,0
T _b	11,50	0,00	11,50	0,0
Bicarbonatadas				
A ₁	2,00	9,50	11,50	82,6
A ₂	0,75	5,75	6,50	88,5
A ₃	0,50	4,25	4,75	89,5
Cloreteadas				
B ₁	8,75	2,75*	11,50	23,9
B ₂	1,00	6,75	7,75	87,1
B ₃	0,50	4,00	4,50	88,9

* - Afetada apenas por clorose.

3. EFEITOS DE DIFRENTES QUALIDADES DE AGUA NAS CARACTERISTICAS DO SOLO

Na Tabela 15, os resultados de análise de solos obtidos no final do experimento (após 150 dias) estão comparados com as características químicas do solo original. Observa-se que, em todos os tratamentos, houve um pequeno aumento nos valores de pH do solo, sendo relativamente maior nos tratamentos com águas bicarbonatadas (tipo A), enquanto que os níveis de salinidade não mostraram qualquer tendência definida. Por outro lado, verificase um aumento significativo na condutividade elétrica e nas concentrações de cátions e ânions solúveis com o aumento da salinidade da água de irrigação, sendo que, para um mesmo nível, nas águas bicarbonatadas, devido a precipitação de cálcio e magnésio em forma de carbonatos e bicarbonatos, esses aumentos foram menores. Pelo mesmo motivo, os valores de RAS para esses tratamentos foram superiores aos das águas clorretadas.

Entre os ânions, para ambos os tipos de água, os clorretos predominaram nos extratos de saturação, entretanto as concentrações encontradas nas águas tipo B (clorretada) foram em média 2 a 3 vezes maiores do que as do tipo A, o que está de acordo com a concentração desse íon nas águas de irrigação utilizadas (70% nas clorretadas e 30% nas bicarbonatadas). Devido a baixa solubilidade dos bicarbonatos de cálcio e magnésio (PIZARRO, 1978), a concentração desse íon permaneceu na faixa de 7 a 11 meq/l, embora RICHARDS (1954) afirme que, na ausência dos carbonatos solúveis, a concentração dos bicarbonatos no extrato de saturação do solo raramente excede de 10 meq/l. A presença

de sulfatos no solo após o experimento pode ser devido a aplicação de sulfato de amônio nas adubações, sendo que os menores teores residuais desse íon foram observados nos tratamentos que proporcionaram maiores crescimentos das bananeiras (T, A₁ e B₁), por terem absorvido maiores quantidades do solo.

Quanto aos cátions trocáveis (Tabela 15), observa-se que, após o experimento, os teores de Ca, Mg e K em todos os tratamentos foram ligeiramente menores do que no solo original (com exceção do Ca na testemunha e em B₁), ocorrendo o contrário com o Na, cujos teores foram superiores. Este fato proporcionou um aumento da PST, variando com o aumento da salinidade da água de irrigação, havendo também influência do tipo de água, uma vez que os maiores valores de PST foram associados às altas concentrações e às águas bicarbonatadas, podendo ser explicados levando em consideração os valores elevados de RAS para esses tratamentos (Tabela 15).

Considerando-se os volumes de água utilizados nas irrigações e obtidos em drenagens, durante o período do experimento, bem como suas respectivas condutividades elétricas e a relação empírica $\text{ppm} = 0,64 \times \text{CE}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$), estimou-se os teores de sais remanescentes no solo (Tabela 19). Observou-se que com a aplicação de água houve um aumento gradual nos teores de sais do solo, apesar da realização de lavagens em intervalos mensais (Figura 10). No caso da testemunha, o teor de sais no solo apresentou muito pouca variação ao longo do tempo, indicando deste modo que a fração de lixiviação adotada (em média 10%) foi suficiente para o controle da salinidade, não acontecendo o mesmo com os demais

TABELA 19 - Volumes de água e teores de sais adicionados e extraídos, durante todo o período experimental, para os diferentes tratamentos.

TRAT	VOLUMES DE AGUA - l			TEORES DE SAIS - g		
	Aplicado (A)	Drenado (B)	Evapotransp. (A - B)	Adicionado (C)	Extraído (D)	Existente (C - D)
T _A	90,51	6,14	84,37	11,58	11,66	-0,08
T _B	90,47	6,12	84,35	11,58	11,64	-0,06
A ₁	76,08	6,25	70,83	48,68	22,20	26,48
A ₂	58,54	4,43	54,11	74,94	25,05	49,89
A ₃	52,67	4,17	48,50	97,76	24,44	73,32
B ₁	77,55	5,36	72,19	54,59	29,55	25,04
B ₂	59,99	4,45	55,54	88,30	34,89	53,41
B ₃	53,87	4,10	49,77	117,21	35,50	81,71

tratamentos, onde os teores de sais retirados do solo através de lixiviações foram inferiores aos incorporados, havendo, portanto, uma acumulação gradual de sais no solo (Figura 10). Nos tratamentos com 10 meq/l os efeitos de tipos de água não foram apreciáveis, no entanto naqueles mais salinos (25 e 40 meq/l) os solos irrigados com águas cloretadas (tipo B) apresentaram teores de sais maiores do que com águas bicarbonatadas (Figura 10), pelos motivos explicados anteriormente (precipitação de sais).

Utilizando-se os teores de sais existentes nos diferentes tratamentos no final do experimento (Tabela 19) e as respectivas percentagens de saturação (Tabela 15), estimou-se as

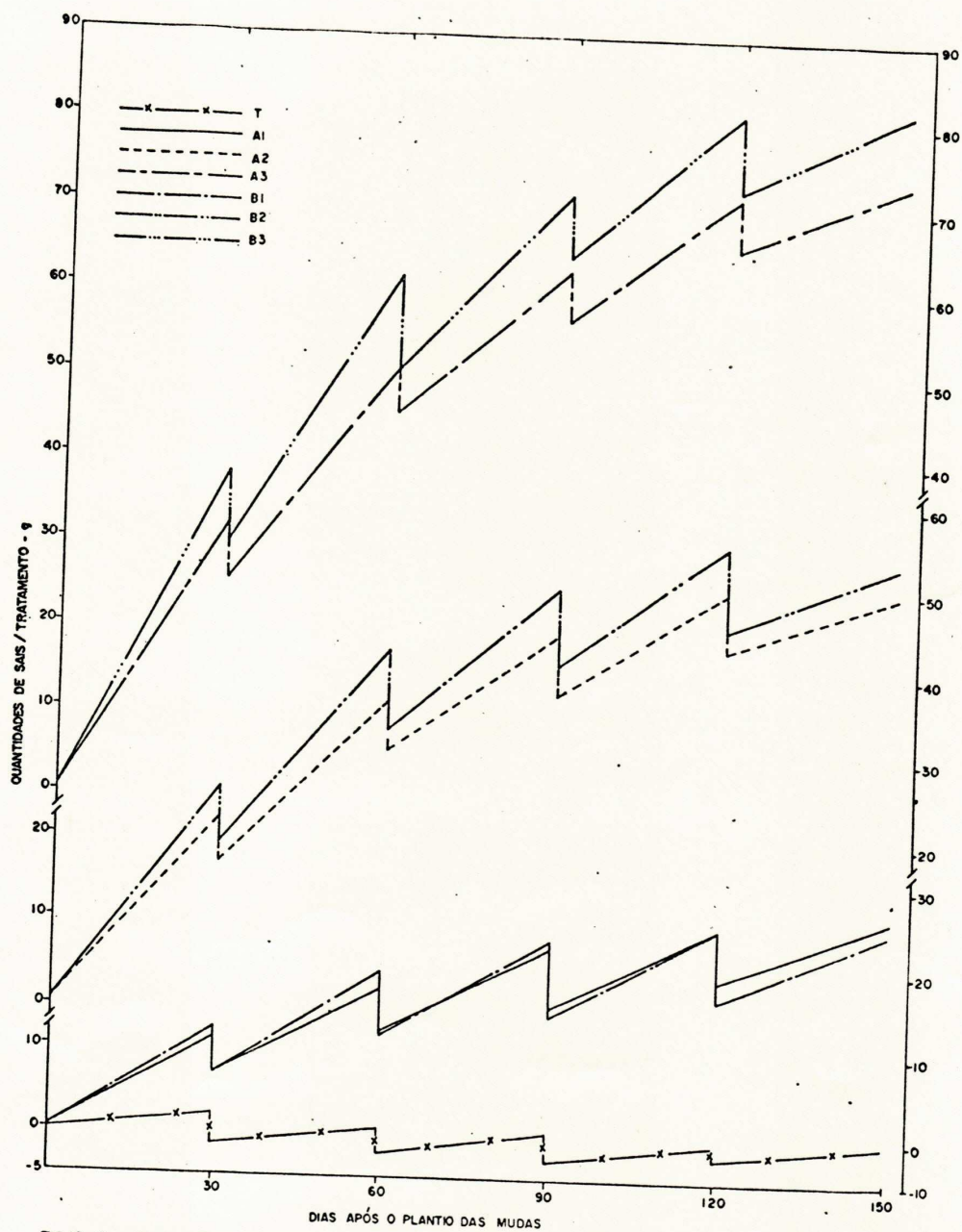


FIG.10- Quantidades de sais adicionadas e extraídas do solo, nos diferentes tratamentos, durante todo o período experimental.

condutividades elétricas de 1,52; 8,65; 15,69; 22,56; 7,87; 16,64 e 26,02 $\mu\text{S}/\text{m}$, respectivamente, para os tratamentos T, A₁, A₂, A₃, B₁, B₂ e B₃. Comparando-se as CE_s estimadas com as determinadas (Tabela 15), verifica-se que, com exceção da testemunha, as diferenças entre seus valores foram significantes, principalmente nos tratamentos com águas bicarbonatadas (A₁, A₂ e A₃), devido a maior precipitação de cálcio e magnésio, em consequência da maior percentagem de bicarbonatos nas referidas águas (70%). Nos tratamentos com águas cloretadas (B₁, B₂ e B₃), as diferenças foram menores, em virtude dos bicarbonatos terem entrado em menor percentagem (30%), havendo, conseqüentemente, menor precipitação de sais.

C A P I T U L O V

C O N C L U S Õ E S

Os resultados obtidos no presente estudo nos permitem enumerar as seguintes conclusões:

1. O crescimento da bananeira Nanica não foi influenciado significativamente pelos tipos de água utilizados, porém foi afetado pelos níveis de salinidade, verificando-se reduções nas variáveis estudadas (altura, diâmetro, área foliar e peso seco), sendo mais drásticas em concentrações a partir de 25 meq/l.
2. Entre as variáveis estudadas, o peso seco da raiz foi a mais afetada por níveis de salinidade, sendo observada uma redução de 93% no tratamento com 40 meq/l, em relação a testemunha.
3. A salinidade de água nos tratamentos com 25 e 40 meq/l, além de reduzir o tamanho da folha, provocou um atraso de 5 e 8 dias, respectivamente, na sua abertura completa, em relação a testemunha.
4. Os níveis de salinidade da água de irrigação afetaram significativamente os teores de P, K, S, Mn, Na e Cl na folha da bananeira; enquanto os tipos de água só tiveram influências significativas nos teores de Na e Cl.

5. Os teores de sódio e cloro na folha foram mais afetados por águas salinas, havendo aumentos significativos com o aumento da salinidade, sendo observados no tratamento com 40 meq/l os valores 5,6 e 2,6 vezes maiores em relação a testemunha.
6. Nos tratamentos irrigados com águas com concentração a partir de 10 meq/l, as folhas tornaram-se cloróticas e/ou necróticas, reduzindo a área fotossintética da folha, com efeitos mais drásticos nos tratamentos mais salinos e em proporções maiores nas águas bicarbonatadas.
7. Os volumes de água utilizados pela bananeira foram influenciados negativamente apenas pelos níveis de salinidade, com reduções mais acentuadas nos tratamentos mais salinos.
8. As análises de solos, após experimento, revelaram uma acumulação gradual de sais nos tratamentos com concentração a partir de 10 meq/l e em proporções maiores nas águas cloretadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. Advances in Agronomy, 14: 139-80, 1964.
- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome, FAO, 1976. 97p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 29.
- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome, FAO, 1985. 174p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 29 Rev. 1).
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 4.ed. Viçosa, UFV, 1987. 488p.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. Plant Analysis and Fertilizer Problems, 4: 25-45, 1964.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. Annu. Rev. Phytopathol. 1: 295-312, 1975.
- BHUMBLA, D. R. & ABROL, I. P. Saline and sodic soil. In: IRRI. Soils and rice. Los Baños, 1973. p. 719-34.
- BOLAND, D. E. Some aspects of banana leaf analysis in Jamaica. Ecua, 25: 355-60, 1980.
- BOWER, C. A.; OGATA, G. & TUCKER, J. M. An index of the tendency of CaCO_3 to precipitate from irrigation waters. Soil Sci., 29:

91-92, 1965.

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

CHARPENTIER, J.M. & MARTIN-PREVEL, P. Carences et troubles de la nutrition minérale chez le bananier. Guide de diagnostic pratique. Paris, IFAC, 1968. 75p.

CHRISTIANSEN, J. E.; OLSEN, E. & WILLARDSON, L. S. Irrigation water quality evaluations. Journal of the Irrigation and Drainage, 103: 155-69, 1977.

COLMET-DAAGE, F. & GAUTHEYROU, J.M. Etude préliminaire des sols de la région bananière de Santa Marta (Colombie). Evulsa, 23: 21-30, 1968.

COSTA, R. G. Caracterização da qualidade de água de irrigação na microrregião homogênea de Catolé do Rocha (MRH - 89). Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1982. 89p. (Tese de Mestrado).

DAKER, A. A água na agricultura. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1984. v.3. 543p.

DAMASCENO, J. H. Informe de drenagem e salinidade nos perímetros irrigados do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS, Fortaleza, 1978. Anais. Fortaleza. p.113-123. 1978.

DAY, P. R. Fractionation and particle size analysis. In: BLACK,

- C. A. (Ed) Methods of soil analysis. Madison, Am. Soc. Agr., 1965. p. 546-67. (Agronomy, 9).
- DONEEN, L. D. Salinization of soil by salts in the irrigation water. Washington, Transactions American Geophysical Union, 1954. p. 943-50.
- DOORENBOS, J. & KASAN, A. H. Yield response to water; Rome, FAO, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DUNLAP, V. D. & Mc GREGOR, J. D. The relationship between soil alkalinity and banana production in St. Catherine District Jamaica. Bull. United Fruit Co, 45, 1932. n.p.
- EATON, F. M. Significance of carbonates in irrigation water. Soil Science, 49: 123-33, 1950.
- EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- FAO/UNESCO. Irrigation, drainage and salinity. Paris, Hutchinson, 1973. 510p.
- FAO. PRODUCTION YEARBOOK -1982. Rome, FAO, 1983. v.36 (Collection FAO Statistics, 47).
- FERNANDEZ CALDAS, E.; PEREZ GARCIA, V. & BORGES PEREZ, A. Tolérance du bananier aux eaux bicarbonatées (eaux souterraines de Ténérife). Fruits, 24: 5-13, 1971.

- FORBYTHE, W. Física de suelos. Manual de laboratório. Turrialba, IICA, 1975: 221p.
- GARCIA, V. Etat actuel des études de nutrition et fertilité en culture bananière à Ténérife. Fruits, 32: 15-23, 1977.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 8.ed. São Paulo, Nobel, 1978. 430p.
- HARVEY, W. R. Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program PC-1. s.l. snt. 1987.
- HAUSENGUILLER, R. L.; HAGUE, M. A. & ABDUL WAHHAB. Some effects of irrigation waters of differing quality on soil properties. Soil Science, 90: 357-64, 1960.
- HEBRON, D. Os problemas de salinização na região. Recife, SUDENE. Divisão de Documentação, 1967. 17p.
- HELWEG, D. J. de M.; ASCE, D. A. & ASCE, A. M. Estimating irrigation water quantity and quality. Journal of Irrigation and Drainage, 157: 175-88, 1980.
- HERNANDEZ ABREU, J. M.; MACAREL, J.; DUARTE, S. & SOCORRO, A. R. Na and Cl content in banana plants of Canary Islands. Fruits, 41: 239-44, 1986.
- HOFFMAN, G. J. & PHENE, C. Effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. Transactions of the ASAE, 14: 1.202-06, 1971.
- IBGE. Anuário estatístico do Brasil - 1989. Rio de Janeiro, 1989.

715p.

ISRAELI, Y.; LAHAV, E. & NAMERI, N. The effect of salinity and sodium adsorption ratio in the irrigation water on growth and productivity of bananas under drip irrigation conditions. Environ. 41: 297-302, 1986.

ISRAELI, Y. & NAMERI, N. Response of the banana to irrigation with saline water. Annual Report Min. Agric. Ext. Serv. Bat. Dagan, Israel, 23: 36-48, 1978.

KELLEY, W. P. Use of saline irrigation water. Soil Science, 2: 385-91, 1963.

KNUDSEN, D.; CLARK, D. R.; DENNING, J. L. & PIER, P.A. Plant analysis of trace elements by X ray. J. Plant Nutrition, 3: 61-75, 1981.

LAHAV, E. The influence of potassium on the content of macro-elements in the banana sucker. Agrochimica, 18: 194-204, 1974.

LAHAV, E. & TURNER, D. W. Fertilizing for high yield - Bananas. Berne, International Potash Institute, 1983. 62p. (Bull. 7).

LARANQUE, A. Estudo e previsão da quantidade de água de açúdes do Nordeste semi-árido brasileiro. Recife, SUDENE. Série Hidrológica/26. 1989. 95p. (Convênio SUDENE/ORSTOM)

MAAS, E. V.; AGATA, G. & BARBER, M. J. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. Agron. J., 44: 793-5, 1972.

- MAAS, E. V. & HOFFMAN, B. J. Crop salt tolerance: Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage, 103: 115-34, 1977.
- Mc GEORGE, W. T. The salinity problems - Safford experiment farm laboratory studies. University of Arizona. Technical Bull. 125, 1952. n.p.
- MEDEIROS, J. H. T. Funções da produção de nitrogênio e água na cultura do milho irrigado no município de Sumé-Pb. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1989. 98p. (Tese de Mestrado).
- MILJKOVIC, N.; AYRES, A. D. & EBERHARD, D. L. Salt affected soils of Yugoslavia. Soil Sci., 88: 51-5, 1959.
- MOREIRA, R. S. Banana: Teoria e prática de cultivo. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 335p.
- OSTER, J. D. & SCHROER, F. W. Infiltration as influenced by irrigation water quality. Soil Sci. Soc. of Am. Journal, 43: 444-7, 1979.
- PEREIRA, Z. M. P. Possibilidade do uso de água salina na recuperação de solos sódicos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, 1975. Anais. Fortaleza, MINTER/DNOCS/ABID, 1977. v.3. p. 208-18.
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Madrid, Agrícola Española, 1978. 521p.

- POIDECIN, N. L. E. & ROBINSON, L.A. Métodos de diagnóstico foliar utilizados nas plantações do grupo BOOKER, Goiânia Inglesa. 1ª parte. Fertilidade, 21: 3-11, 1964.
- RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. Soil Science, 113: 277-84, 1972.
- RICHARDS, L. A., ed. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (Agriculture Handbook, 60).
- SANCHEZ CONDE, Ma. P. Aplicación de sulfato magnésico en la corrección de los efectos de salinidad producidos por el cloruro sódico en el tomate. Anales de Edafología y Agrobiología, 23: 13-32, 1976.
- SANDHU, S. S.; ACHARYA, C. L. & ABROL, I. P. Effect of exchangeable sodium on the hydraulic conductivity of a soil as measured by two procedures under field conditions. J. Indian Soc. Soil Sci., 29: 140-55, 1981.
- SHAINBERG, J. & OSTER, J. D. Quality of irrigation water. Bet. Dagen, International Irrigation Center, 1978. 65p.
- SHAINBERG, J.; RHOADES, J. D.; SUAREZ, B. L. & PRATHER, R. J. Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 287-91, 1981.
- SILVA, A. O. da. Efeitos do cloreto de sódio no crescimento, concentração de nutrientes e de sódio, e nas características

- tecnológicas de seis cultivares de sorgo sacarino (Panicum bicolor (L.) Moench). Piracicaba, São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1983. 175p. (Tese de Doutorado).
- STROGONOV, B. P. Physiological bases of salt tolerance of plants. Jerusalém, Israel Proc. Scient. Transl. 1964. 279p.
- SZABOLCS, L. & LESTAK, V. Capillary movement of sodium salt solutions in soil columns. Soil Sci., : 483-8, 1966.
- SWARUP, A. Availability of iron, manganese, zinc and phosphorus in submerged sodic soil as affected by amendments during the growth period of rice crop. Plant and Soil, 44: 37-43, 1982.
- THOMAS, J. R. Osmotic and specific salt effects on growth of cotton. Agron. J., 72: 407-12, 1980.
- THORNE, D. W. & PETERSON, H. B. Irrigated soils: Their fertility and management. 2.ed. Bombay - New Delhi, Mc-Graw-Hill, 1954. 329p.
- TURNER, D. W.; LAHAV, E. & SHORT, D.C. The growth and chemical composition of the Williams banana in relation to temperature. Banana Nutr. Newsletter, 5: 15-16, 1982.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS. Guidelines for interpretation of water quality for agriculture. University of California, Davis. 13p. 1974.
- WALLIHAN, E. F.; SARPLESS, R. G. & PRINTY, W. L. Cumulative toxic

effects of boron, lithium and sodium in water used for hydroponic production of tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 197: 14-6, 1978.

WARDLAW, C. W. Banana diseases including plantains and abaca. Longman, London, 1961. n.p.

WILCOX, L. V. Classification and use of irrigation waters. Washington, U.S. Department of Agriculture, 1955. 19p.

WILCOX, L. V. Excess injury to plants. Washington, U.S. Department of Agriculture, 1960. 7p.

WILCOX, L. V.; BLAIR, G. V. & BOWER, C. A. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Soil Science, 77: 259-66, 1954.

WILCOX, L. V. & DURUM, W. H. Quality of irrigation water. In: HAGAN, R. M. et alii (Ed). Irrigation of agricultural lands. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 104-22 (Agronomy, 11)

YARON, B. Arid zone irrigation. New York Springer-Verlag, 1973. 434p. (Ecological studies, 5).