



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



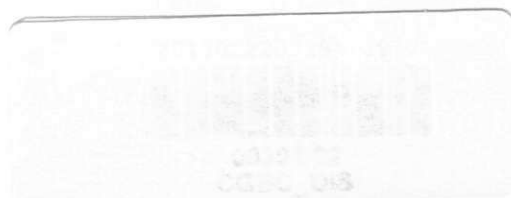
Centro de Ciências
e Tecnologia

DISSERTAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**COMPORTAMENTO DO MARACUJAZEIRO AMARELO SOB
CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO**

FREDERICO ANTÔNIO LOUREIRO SOARES

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
OUTUBRO- 2001



FREDERICO ANTONIO LOUREIRO SOARES

Engenheiro Agrônomo

**COMPORTAMENTO DO MARACUJAZEIRO AMARELO SOB
CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO.**

Orientador: Prof. Dr. **HANS RAJ GHEYI**

Co-Orientador: Prof. Dr. **PEDRO DANTAS FERNANDES**

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

CAMPINA GRANDE

Estado da Paraíba - Brasil

Outubro – 2001



T779c Travassos, Kaline Dantas
Comportamento do girassol irrigado com diferentes níveis de salinidade de água / Kaline Dantas Travassos. - Campina Grande, 2010.
79 p. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Helianthus Annuus 2. Salinidade 3. Flores 4. Sementes 5. Dissertação I. Gheyi, Hans Raj, Dr. II. Soares, Frederico Antonio Loureiro, Dr. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 633.85(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

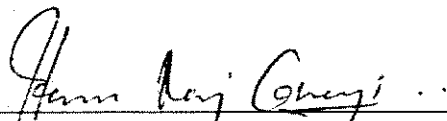
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

FREDERICO ANTONIO LOUREIRO SOARES

Título: "Comportamento do maracujazeiro amarelo sob condições de estresse salino".

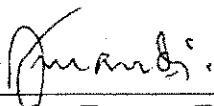
BANCA EXAMINADORA

PARECER



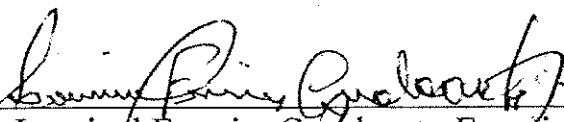
Dr. Hans Raj Gheyi-Orientador

Aprovado



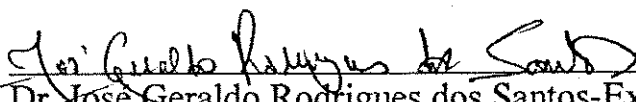
Dr. Pedro Dantas Fernandes-Co-Orientador

Aprovado



Dr. Lourival Ferreira Cavalcante-Examinador

APROVADO



Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos-Examinador

APROVADO

OUTUBRO- 2001

Em memória de meus pais Antônio Soares Loureiro e Teresinha Loureiro Soares, exemplos de inteligência, amor, criação e esforços para formação moral e intelectual dos seus filhos.

MINHA HOMENAGEM

A minha esposa Sirley, que de modo resignado, apoio-me nos momentos difíceis, e aos meus filhos Sheila e Felipe, a quem anseio paz, felicidade e inteligência durante o decorrer de suas vidas.

DEDICO

Aos meus irmãos Patrícia, Roberta e João, pelo companheirismo fraterno que nos une e em especial as tias Socorro e Aida, a quem admiro muito sua bondade e carinho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À DEUS, luz misericórdiosa, que me presenteou com a vida, inteligência, bondade, me fazendo superar todas as dificuldades à realização deste trabalho.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa.

Aos orientadores Dr. Hans Raj Gheyi e Dr. Pedro Dantas Fernandes, pelos ensinamentos ministrados durante o curso e na redação desta dissertação, assim como, pela compreensão, consideração, respeito e amizade.

À coordenação; aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, pelos conhecimentos técnicos/científicos repassados; e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), em especial, a Francisco Alves da Silva.

A Sra. Rivanilda e a Sra. Sônia pela atenção e ajuda dada sempre que necessitei, principalmente nos momentos decisivos deste trabalho.

Aos colegas Paulo Torres, Sergio Viana, Maria Betânia, Cláudio Uyeda, Josenildo Júnior, Servúlo Mercier, José Maria, Carlos Alberto, Miguel Neto e tanto outros, pelo proveitoso convívio, bem como pelas valiosas ajudas e incentivos constantes.

À minha esposa Sirley Soares Loureiro, pelo apoio, compreensão e estímulo.

Aos componentes da banca examinadora Dr. Lourival e Dr. José Geraldo, que juntos com os demais contribuíram incisivamente na melhoria e engrandecimento deste trabalho. .

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE APÊNDICES	XIV
RESUMO.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. A cultura do maracujá.....	4
2.2. Fatores que afetam a salinidade do solo	7
2.3. Qualidade da água para irrigação	11
2.4. Efeito da salinidade sobre as plantas	16
2.4.1. Efeito osmótico.....	19
2.4.2. Efeito direto do íon ou toxicidade.....	20
2.4.3. Efeito indireto do íon ou de natureza nutricional	21
2.5. Tolerância das plantas à salinidade	23
2.5.1. Critérios de avaliação da tolerância.....	23
2.5.2. Mecanismos de tolerância	24
2.5.3. Salinidade e fitotoxicidade	26
2.5.3.1. Tolerância à salinidade.....	26
2.5.3.2. Tolerância à toxicidade	28
2.5.3.2.1. Limites de boro	28
2.5.3.2.2. Limites de sódio	29
2.5.3.2.3. Limites de cloreto.....	30
2.6. Análise de crescimento	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Etapas de estudo.....	33
3.2. Localização dos experimentos	33
3.3. Etapa I – Germinação, vigor e crescimento de mudas	34
3.3.1. Tratamento e delineamento estatístico.....	34
3.3.2. Material de solo	34

3.3.3. Preparo das águas de irrigação	35
3.3.4. Instalação e condução	36
3.3.5. Variáveis analisadas.....	38
3.3.5.1. Germinação.....	38
3.3.5.2. Fitomassa	38
3.3.5.3. Relação raiz / parte aérea (R/PA).....	38
3.3.5.4. Altura de planta (AP) e número de folhas (NF).....	39
3.3.5.5. Área foliar (AF)	39
3.3.5.6. Taxa de crescimento absoluto (TCA)	40
3.3.5.7. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	40
3.3.5.8. Razão de área foliar (RAF).....	41
3.3.5.9. Teor de água das folhas (TAF)	41
3.3.5.10. Teor de sódio, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas folhas e raízes.....	41
3.3.5.11. Análise do material de solo.....	42
3.3.5.12. Consumo de água pela planta (evapotranspiração real – ETr)	42
3.3.5.13. Análise estatística.....	43
3.4. Etapa II – Crescimento, desenvolvimento e produção do maracujazeiro amarelo em condições de casa de vegetação.	43
3.4.1. Tratamentos e delineamento estatístico	43
3.4.2. Solo utilizado.....	44
3.4.3. Preparo das águas de irrigação	44
3.4.4. Recipientes	44
3.4.5. Transplântio.....	45
3.4.6. Irrigações e controle da drenagem.....	45
3.4.7. Condução e manejo da cultura	46
3.4.8. Controle das ervas daninhas e fitossanitário	46
3.4.9. Adubações	47
3.4.10. Polinização	47
3.4.11. Colheita	48
3.4.12. Variáveis analisadas.....	48
3.4.13. Análise do solo	48
3.4.14. Análise estatística.....	49
3.5. Etapa III – Crescimento, desenvolvimento e produção do maracujazeiro amarelo em condições de campo.....	49
3.5.1. Tratamentos e delineamento estatístico	49

3.5.2. Solo utilizado.....	50
3.5.3. Preparo das águas de irrigação.....	50
3.5.4. Preparo do terreno e das covas.....	50
3.5.5. Sistema de irrigação.....	51
3.5.6. Transplântio.....	51
3.5.7. Adubação.....	52
3.5.8. Condução e manejo da cultura.....	52
3.5.9. Controle fitossanitário.....	52
3.5.10. Polinização.....	52
3.5.11. Colheita.....	52
3.5.12. Variáveis estudadas.....	53
3.5.13. Análise do solo.....	53
3.5.14. Análise estatística.....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1. ETAPA I.....	55
4.1.1. Percentual de germinação (PG).....	55
4.1.2. Avaliação de vigor e crescimento de mudas.....	57
4.1.2.1. Número de folhas (NF), altura de plantas (AP) e área foliar (AF).....	57
4.1.2.2. Fitomassa.....	62
4.1.2.3. Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	68
4.1.2.4. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	73
4.1.2.5. Relação raiz parte aérea (R/PA).....	77
4.1.2.6. Razão de área foliar (RAF).....	80
4.1.2.7. Teor de água das folhas (TAF).....	82
4.1.2.8. Teores de sódio, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas folhas e raízes.....	83
4.1.3. Condutividade elétrica da água drenada (CE _{ad}) e consumo da água.....	86
4.1.4. Salinidade no solo aos 77 dias após o plantio.....	88
4.2. ETAPA II.....	91
4.2.1. Formação das plantas.....	91
4.2.1.1. Tempo de poda da haste principal (TPHP) e dos ramos secundários (TPRS).....	91
4.2.2. Diâmetro do caule (DC).....	92
4.2.3. Número de ramos produtivos (NRP).....	95
4.2.4. Número de frutos total (NFT) e número de frutos comercial (NFC).....	98
4.2.5. Peso médio dos frutos total (PMFT) e peso médio dos frutos comercial (PMFC).....	100

4.2.6. Produção total (PT) e produção comercial (PC).....	102
4.2.7. Condutividade elétrica da água drenada (CE_{ad}) e consumo da água	104
4.2.8. Análise do solo	106
4.3. Etapa III	115
4.3.1. Diâmetro do caule (DC), poda da haste principal (PHP) e dos ramos secundários (PRS).....	115
4.3.2. Índice de produção.....	116
4.3.3. Análise de solo.....	117
5. CONCLUSÕES.....	124
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
7. APÊNDICES	141

LISTA DE FIGURAS

1. Camadas de materiais dos vasos.....	45
2. Disposição das plantas no experimento.....	45
3. Percentagem de germinação em função da salinidade da água de irrigação aos 11 e 16 dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro amarelo.....	56
4. Número de folhas – NF (a), altura das plantas – AP (b) e área foliar – AF (c), em função da salinidade da água de irrigação aos 16, 32 e 77 dias após semeadura (DAS) para NF e AP e aos 77 DAS para AF.....	62
5. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA), em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	64
6. Fitomassa seca da raiz (FSR), em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	66
7. Fitomassa seca total (FST), em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	67
8. Fitomassa seca da parte aérea do maracujazeiro, aos 32 e 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}).....	68
9. Taxa de crescimento absoluto da parte aérea – TCA_{pa} (a), da raiz – TCA_r (b) e total – TCA_t (c) entre 16 e 32 e 33 e 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).....	71
10. Taxa de crescimento relativo da parte aérea – TCR_{pa} (a), da raiz – TCR_r (b) e total – TCR_t (c) entre 16 e 32 e 33 e 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).....	77
11. Relação raiz/parte aérea (R/PA) do maracujazeiro em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após semeadura (DAS).....	80
12. Razão de área foliar (RAF) do maracujazeiro amarelo em função da salinidade da água de irrigação, aos 77 dias após semeadura.....	81
13. Teor de água das folhas (TAF) do maracujá amarelo em função da salinidade da água de irrigação, aos 77 dias após semeadura (DAS).....	82
14. Teores de Na, K, Ca e Mg em folhas e raízes do maracujazeiro aos 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água (CE_a).....	85
15. Fitomassa seca de parte aérea (FSPA) e Relação Na/K e Na/(Ca+Mg) em função da salinidade da água (CE_a) aos 77 dias após semeadura, em função das relação citadas....	85
16. Condutividade elétrica da água drenada – CE_{ad} (a), consumo relativo – (b), fator de concentração – FC (c), fração de lixiviação – FL (d) aos 0 a 32 e 33 a 77 dias após a semeadura do maracujazeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.....	88
17. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}), fator de concentração do extrato de saturação (FC_{es}), percentagem de sódio trocável (PST), razão de adsorção de sódio (RAS) e a relação PST e RAS, aos 77 dias após a semeadura do maracujazeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).....	90

18. Estudos de regressão significativas para o tempo de poda da haste principal – TPHP (a) e tempo de poda dos ramos secundário – TPRS (b) do maracujazeiro amarelo, em função da salinidade da água de irrigação. 92
19. Evolução do diâmetro do caule (DC) do maracujazeiro para cada nível de condutividade elétrica da água de irrigação, em função dos dias após o transplântio (DAT)..... 94
20. Diâmetro do caule (DC) do maracujazeiro amarelo em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a). 95
21. Número de ramos produtivos (NRP), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a) aos 60, 92, 119 e 194 dias após o transplântio (DAT) do maracujazeiro. 98
22. Evolução do número de ramos produtivos (NRP) do maracujazeiro para cada nível de CE_a , em função dos dias após o transplântio (DAT)..... 98
23. Número de frutos total – NFT (a) e número de frutos comercial – NFC (b) do maracujazeiro, sob condição de casa de vegetação, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a). 100
24. Peso médio dos frutos total – PMFT (a) e peso médio dos frutos comercial – PMFC (b) do maracujazeiro, sob condição de casa de vegetação, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a). 102
25. Produção total – PT (a) e produção comercial – PC (b) do maracujazeiro, sob condições de casa de vegetação, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a)..... 103
26. Condutividade elétrica da água drenada – CE_{ad} (a), consumo – (b), fator de lixiviação – FL (c), fração de concentração – FC (d) e eficiência de uso da água de irrigação em gramas de fruto por litro de água aplicado – (e) na cultura do maracujazeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação..... 106
27. Evolução dos perfis de salinidade do solo, aos 138 e 276 dias após o transplântio (DAT), sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no cultivo do maracujazeiro. 107
28. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), percentagem de sódio trocável (PST), razão de adsorção de sódio (RAS) e a relação da PST – RAS para diferentes camadas de solo para 138 e 276 dias após o transplântio (DAT), em função da condutividade da água de irrigação. 111
29. Teores de cloreto (Cl), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e sódio (Na) solúveis aos 138 e 276 dias após o transplântio..... 113
30. Evolução dos perfis de salinidade do solo aos 280 dias após o transplântio (DAT) para diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no cultivo do maracujá em condições de campo..... 118
31. Condutividade elétrica do extrato de saturação – CE_{es} (a), percentagem de sódio trocável – PST (b), razão de adsorção de sódio – RAS (c), teor de sódio – Na (d) e o teor de cloreto – Cl (e) para diferentes camadas de solo aos 280 dias após o transplântio (DAT) do maracujazeiro, em função da condutividade da água de irrigação sob condição de campo. 120

LISTA DE TABELAS

1. Classificação de solos afetados por sais.	8
2. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.....	16
3. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.....	16
4. Riscos de toxicidade de sódio, cloreto e boro na água de irrigação.....	16
5. Classificação da tolerância relativa à salinidade.....	27
6. Níveis de tolerância das culturas ao boro na água de irrigação	29
7. Tolerância relativa das culturas ao sódio trocável.	29
8. Níveis de tolerância das plantas ao cloreto na água de irrigação.....	30
9. Análise química* da água do sistema de abastecimento de Campina Grande – PB (CAGEPA).	36
10. Teores de sais e água utilizados no preparo das águas de irrigação**	36
11. Adubações realizadas no experimento.	47
12. Resumo da análise de variância ANAVA e médias para percentagem de germinação (PG) do maracujazeiro nas duas épocas de avaliação, aos 11 e 16 dias após a semeadura (DAS) em diferentes níveis de salinidade de água de irrigação (CE _a).	57
13. Resumo de ANAVA e médias para número de folhas (NF), altura de plantas (AP) relativos aos dados obtidos em três épocas (T), 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) e da área foliar (AF) aos 77 DAS do maracujá.	60
14. Desdobramento da interação (N x T) e médias para número de folhas (NF), aos 16 (T ₁), 32 (T ₂) e 77 (T ₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	61
15. Desdobramento da interação (N x T) e médias para altura de plantas (AP ¹), aos 16 (T ₁), 32 (T ₂) e 77 (T ₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	61
16. Resumo de ANAVA e médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST), relativos aos dados obtidos em três épocas (T), 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujá.	63
17. Desdobramento da interação (N x T) e médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), aos 16 (T ₁), 32 (T ₂) e 77 (T ₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.	64
18. Desdobramento da interação (N x T) e médias para fitomassa seca da raiz (FSR), aos 16 (T ₁), 32 (T ₂) e 77 (T ₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	66
19. Desdobramento da interação (N x T) e médias para fitomassa seca total (FST), aos 16 (T ₁), 32 (T ₂) e 77 (T ₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	67
20. Resumo de ANAVA e médias para taxa de crescimento absoluto da parte aérea (TCA _{pa}), da raiz (TCA _r) e total (TCA _t), realizadas de 16 a 32 DAS (T ₁) e 33 a 77 DAS (T ₂) do maracujazeiro.....	71

21. Desdobramento da interação (N x T) e médias para a taxa de crescimento absoluto para a parte aérea (TCA_{pa}), e total (TCA_t) realizadas de 16 – 32 DAS (T_1) e 33 – 77 DAS (T_2) do maracujazeiro.....	72
22. Resumo de ANAVA e médias para taxa de crescimento relativo da parte aérea (TCR_{pa}), da raiz (TCR_r) e total (TCR_t), realizadas de 16 – 32 DAS (T_1) e 33 – 77 DAS (T_2) do maracujazeiro.....	75
23. Desdobramento da interação (N x T) e médias para a taxa de crescimento relativo para a parte aérea (TCR_{pa}), da raiz (TCR_r) e total (TCR_t) realizadas de 16 – 32 DAS (T_1) e 33 – 77 DAS (T_2) do maracujazeiro.	76
24. Resumo de ANAVA e médias para a relação raiz/parte aérea (R/PA), relativos aos dados obtidos em três épocas (T), 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS), razão área foliar (RAF) e teor de água na folha (TAF), relativos aos dados obtidos aos 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	79
25. Desdobramento da interação (N x T) e médias para relação raiz/parte aérea (R/PA), aos 16 (T_1), 32 (T_2) e 77 (T_3) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.....	80
26. Teores de sódio, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas folhas e raízes do maracujazeiro aos 77 dias após semeadura (DAS) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.	84
27. Volume de água aplicado (VA) e drenado (VD) por tratamento, consumo relativo da água pelas plantas (Cons), condutividade elétrica média ponderada (CE_{ad}) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) no primeiro (0 a 32 DAS) e segundo (33 a 77 DAS) período após as semeadura do maracujazeiro.	87
28. Resultados de análise do extrato de saturação do solo aos 77 DAS.	89
29. Resumo de ANAVA e médias para o tempo de poda da haste principal (TPHP) e tempo de poda dos ramos secundários (TPRS) em condições de casa de vegetação....	92
30. Resumo de ANAVA e médias para diâmetro do caule (DC), aos 36, 105, 134, 168 e 198 dias após o transplantio da cultura do maracujá, em condições de casa de vegetação.....	94
31. Resumo de ANAVA e médias para número de ramos produtivos (NRP), relativos aos dados obtidos aos 60, 92, 119 e 194 dias após o transplantio do maracujazeiro em condições de casa de vegetação.....	97
32. Desdobramento da interação (N x T) e médias para número de ramos produtivos (NRP), relativos aos dados obtidos aos 60, 92, 119 e 194 dias após o transplantio do maracujazeiro em condições de casa de vegetação.	97
33. Resumo de ANAVA e médias para número de frutos total (NFT) e número de frutos comercial (NFC) da cultura do maracujá em condições de casa de vegetação..	100
34. Resumo de ANAVA e médias para peso médio dos frutos total (PMFT) e peso médio dos frutos comercial (PMFC) da cultura do maracujá, em condições de casa de vegetação.	101
35. Resumo de ANAVA e médias para produção total (PT) e produção comercial (PC) da cultura do maracujazeiro em condições de casa de vegetação.	103

36. Resumo de ANAVA e médias do volume de água aplicado (VA) e drenado (VD), consumo pela planta (Cons) por tratamento, condutividade elétrica da água drenada – média ponderada (CE_{ad}), fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e eficiência de uso da água de irrigação aplicada (EUA).....105
37. Resumo de ANAVA e médias para o pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), percentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS) aos 138 e 276 dias após o transplatio.110
38. Resumo de ANAVA e médias para Cl, HCO_3 , Ca, Mg, K e Na solúveis aos 138 e 276 dias após o transplatio em casa de vegetação.....114
39. Resumo de ANAVA e médias para diâmetro do caule (DC), aos 228 dias após o transplatio, poda da haste principal (PHP) e da poda dos ramos secundários (PRS) da cultura do maracujazeiro em condições de campo.115
40. Resumo de ANAVA e médias para número de frutos total (NFT), número de frutos comercial (NFC), peso médio dos frutos total (PMFT), peso médio dos frutos comercial (PMFC), produção total (PT) e da produção comercial (PC) da cultura do maracujazeiro em condições de campo.117
41. Resultado da análise do extrato de saturação do solo de São Gonçalo no início do experimento.....119
42. Resumo de ANAVA e médias para o pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), potencial osmótico (PO), percentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS) aos 280 dias após o transplatio em condição de campo.....121
43. Resumo de ANAVA e médias para Cl, HCO_3 , Ca, Mg, K e Na aos 276 dias após o transplatio em condição de campo.123

LISTA DE APÊNDICES

1. Seqüência de cálculo utilizada no preparo das águas de irrigação.	142
2. Características químicas do material do solo utilizado no início, aos 138 e 276 dias após o transplântio na Etapa II (casa de vegetação).	143
3. Características químicas do material do solo utilizado no início e 280 dias após o transplântio na Etapa III (São Gonçalo).	144
4. Fotos demonstrativas do estudo.	145

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação desde a germinação até a colheita dos frutos do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.). Para isso, ensaios experimentais foram conduzidos em três etapas; na primeira etapa, realizada em casa de vegetação, estudou-se o efeito de 8 níveis de salinidade da água de irrigação – CE_a (1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0, 6,0, 7,0 e 8,0 $dS\ m^{-1}$), sobre germinação, vigor e produção de mudas (Etapa I). Na Segunda etapa, realizada também em condições de casa de vegetação, foram avaliados, o crescimento, desenvolvimento e produção da cultura sob 5 níveis de CE_a (1,0, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 $dS\ m^{-1}$) em mudas produzidas com águas de mesma salinidade (Etapa II). Na etapa três, conduzida em condições de campo, foram avaliadas, do transplântio à colheita, efeito de 5 níveis de CE_a (0,2, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 $dS\ m^{-1}$) utilizando-se mudas produzidas em condições normais (Etapa III). O delineamento adotado para os três experimentos foram o inteiramente casualizado. No preparo das águas de irrigação, para a primeira e segunda etapa, utilizou-se os sais NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, mantendo a proporção equivalente 7:2:1 entre Na:Ca:Mg, respectivamente, já na terceira etapa, utilizou-se apenas NaCl na preparação das águas de irrigação. Os resultados obtidos permitem concluir que na germinação do maracujazeiro, a salinidade proporcionou um atraso, em média por 5 dias, sendo o valor crítico de CE_a , acima do qual houve decréscimo do PG, da ordem de 4,43 $dS\ m^{-1}$; o vigor de plântulas decresceu linearmente com o incremento da CE_a , sendo o sistema radicular a parte mais sensível; os efeitos da salinidade se intensificaram com a idade das plantas, sendo o valor crítico em termos de CE_{es} de 5,61 e 2,73 $dS\ m^{-1}$, respectivamente, aos 32 e 77 dias após a semeadura, com decréscimo médio de 7,6%, por incremento unitário de CE_{es} acima do respectivo valor crítico; na fase de crescimento e desenvolvimento, observou-se que a salinidade afetou o desenvolvimento vegetativo como também a produção em condições de casa de vegetação, o mesmo não acontecendo em condições de campo (Etapa III). Baseado nos resultados obtidos, pode-se dizer que a água com $CE_a \leq 4\ dS\ m^{-1}$ pode ser usada na produção de mudas de maracujá amarelo, com boas perspectivas de recuperação de crescimento posteriormente em campo e que o maracujazeiro amarelo é 'tolerante' à salinidade na germinação e 'moderadamente tolerante' à salinidade nas demais fases.

PALAVRAS-CHAVE: salinidade, maracujazeiro amarelo, irrigação

PERFORMANCE OF PASSION FRUIT (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg) UNDER SALINITY STRESS CONDITIONS

ABSTRACT

The present study had as objective of studying the effects of different levels of salinity of irrigation water from germination to the crop of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims. *f. flavicarpa* Deg.). For the purpose, three experiments were carried out. In the first experiment, accomplished in greenhouse, the effects of 8 levels of salinity of the irrigation water – EC_w (1.0; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0; 7.0 and 8.0 $dS\ m^{-1}$) were studied on germination vigor and formation of seedling. In the second experiment, also accomplished under conditions of greenhouse, the growth, development and production of the crop under 5 levels of EC_w (1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 $dS\ m^{-1}$) utilising seedlings produced with respective water were appraised. In the third experiment conducted in field conditions, the effects of 5 levels of EC_w (0.2; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 $dS\ m^{-1}$) utilising seedlings produced in normal conditions. The experimental design adopted for the three experiments was the completely randomized. In the preparation of the irrigation waters, for the first and second experiment, NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ and $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ salts were utilised, maintaining the equivalent proportion of 7:2:1 among Na:Ca:Mg, respectively, while in the third experiment, NaCl was used in the preparation of the irrigation waters. The results obtained allow to conclude that during germination of the passion fruit plant, the salinity caused a delay, on an average of 5 days, the critical value of EC_w being of the order of 4.43 $dS\ m^{-1}$. The seedling's vigor decreased linearly with the increment of EC_w , the root system being the most sensitive; the effects of the salinity intensified with the age of the plants, critical value being EC_{es} of 5.61 and 2.73 $dS\ m^{-1}$, respectively, at 32 and 77 days after planting, with a mean decrease of 7.6%, for unit increment of EC_{es} above the respective critical value; in the growth stage and development, the salinity affected the vegetative development as well as the production under greenhouse conditions, the same of being true for field conditions. Based on the obtained results, it can be said that the water with $EC_w < 4.0\ dS\ m^{-1}$ may be used in the production of seedlings of passion fruit, with good perspectives of growth recovery later in field and that the passion fruit plant is tolerant to the salinity during the germination and moderately tolerant to the salinity in the other phases.

KEY WORDS: Salinity, passion fruit, irrigation

1. INTRODUÇÃO

Botanicamente, existem mais de 600 espécies de frutíferas em condições de clima tropical e subtropical produzindo frutos comestíveis no mundo. Sendo um país de área continental e com predominância de clima tropical, o Brasil desperta, hoje, interesse de inúmeras empresas internacionais na importação de frutas tropicais, dentre elas o maracujá.

O maracujazeiro pertence a ordem *Passiflorales*, família *Passifloraceae*, gênero *Passiflora*. Dentro desse gênero, existem cerca de 300 a 580 espécies, distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil, são três as espécies consideradas principais e responsáveis por praticamente 100% da área plantada, sendo elas a *Passiflora alata* Dryand., popularmente chamada de maracujá doce, a *Passiflora edulis* Sims., conhecida como maracujá roxo e a *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Degener., conhecida como maracujá amarelo ou azedo, responsável por 95% da área cultivada comercialmente no Brasil (Ruggiero et al., 1998).

No Brasil, a cultura do maracujá desenvolve-se e produz adequadamente devido as condições excepcionais do solo e de clima para o seu cultivo. A exploração de maracujá vem crescendo gradativamente, como se verifica pelo aumento da área plantada e do rendimento médio da cultura. O país é, atualmente, grande produtor e exportador da fruta, destacando-se o Estado do Pará, na região Norte, com mais de um terço da produção nacional (43%), seguido pelos Estados da região Nordeste, onde a Bahia (17,7%), Sergipe (10%) e Ceará (8%), juntos, alcançam também cerca de um terço da produção total, seguida da região Sudeste, com um quarto da produção, onde o Estado de São Paulo (14%) é o líder, seguido pelo Rio de Janeiro (7,8%) (IBGE, 1999). O desenvolvimento de pesquisas na área de melhoramento genético e a adoção de métodos mais apropriados à

condução da cultura, com conseqüente incremento da produtividade e redução dos custos, constituem pontos fundamentais para o desenvolvimento sustentável da cultura do maracujá no Brasil e para a expansão do mercado interno e crescimento das exportações do suco concentrado (Ruggiero et al., 1998).

Com base em avaliações preliminares dos recursos hídricos e de solos do Nordeste, estima-se haver uma área total de 1 milhão de hectares apta à implantação da fruticultura irrigada (BRASIL, 1998). O Programa de Apoio e Desenvolvimento da Fruticultura Irrigada do Nordeste prevê a implantação de 100 000 a 150 000 ha ano⁻¹ de fruticultura sob condições de irrigação, nesta região do país. Há de se considerar, no entanto, que boa parte dos mananciais disponíveis à irrigação no Nordeste brasileiro, possuem valores consideráveis de sais solúveis, o que, aliado à elevada demanda evapotranspiratória da região, torna o uso de irrigação um fator potencial de salinização dos solos.

Devido ao crescimento da fruticultura irrigada no semi-árido nordestino, se faz necessário a geração de tecnologia compatível com as condições locais, no sentido de se reduzir a intensidade do processo de salinização dos solos e seus efeitos sobre o rendimento das culturas, ou pelo menos manter o problema em níveis economicamente toleráveis pelas plantas cultivadas; há necessidades, também, de reincorporação das áreas salinizadas ao cenário produtivo e, sobretudo, de identificação dos níveis de tolerância das fruteiras à salinidade, a fim de serem selecionados materiais genéticos mais adaptados e/ou práticas adequadas de manejo de solo e água para cada condição de cultivo.

A salinidade dos solos, de acordo com Coelho (1983), tem-se constituído num dos mais sérios problemas para a agricultura irrigada em diversas partes do mundo. Conforme Postel (1989), em nível global, 25% de toda a área irrigada encontra-se seriamente afetada pelos sais, agravando-se a cada ano, especialmente nos locais onde a irrigação é praticada sem manejo adequado de água e solo. No Brasil, são aproximadamente nove milhões de hectares, envolvendo sete Estados. Na Bahia, está a maior área de solos afetados por sais do Nordeste (em torno de 44% do total), seguido pelo Ceará, com aproximadamente 25,5% (Pereira, 1983).

A salinização do solo progride quando a quantidade de sais que nele é incorporada pela água de irrigação torna-se maior do que a quantidade removida pela água de drenagem. A rapidez com que os sais se acumulam na zona radicular é determinada pela

lâmina de água aplicada na irrigação, método de irrigação, tipo de drenagem, tipo de solo, condições edafoclimáticas do local e, principalmente, pelo teor de sais na água, bem como, pelos tipos de sais nela contidos (Richards, 1954).

Por se tratar de uma espécie naturalmente vigorosa e de fácil propagação, poucos são os cuidados dispensados no manejo do maracujazeiro. Considerando-se a carência de resultados de pesquisa, a respeito dos efeitos da salinidade nas diferentes fases fenológicas e sobre o rendimento do maracujazeiro. O presente trabalho se propôs a estudar o efeito da salinidade de água de irrigação sobre o comportamento do maracujazeiro amarelo na fase de germinação, crescimento, desenvolvimento e produção da cultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do maracujá

O Brasil, por ser um país de área continental e com predominância de clima tropical, vem se destacando em nível mundial como um importante produtor e consumidor de frutas, especialmente as tropicais e subtropicais. Frutas de clima tropical são cultivadas sob alta luminosidade ($> 2500 \text{ h ano}^{-1}$) e irradiação solar superior a $300 \text{ calorias cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e produzem, em geral, frutas com maior teor de vitaminas e sais minerais do que frutas cultivadas em clima temperado ou subtropical. Além disso, as frutas tropicais possuem coloração e sabor mais atrativos, mantendo propriedades funcionais mais interessantes na preparação de inúmeros alimentos processados. Dentre as frutas tropicais, encontra-se o maracujá que, no passado, não apresentava importância, mas que atualmente se transformou num cultivo rentável e gerador de emprego (Teixeira, 1994).

Pelo nome comum de maracujá são conhecidas várias espécies frutíferas ou ornamentais taxonomicamente classificadas dentro da família *Passifloraceae*. Embora existam discordâncias entre os diversos autores quanto ao número de espécies pertencentes a essa família e mesmo ao número de espécies pertencentes ao gênero *Passiflora*, pode-se aceitar como existindo cerca de 400 espécies nesta família (Hoehne, 1946). A maioria das espécies são originadas das regiões tropical e subtropical da América do Sul, sendo que mais de 152 espécies são procedentes da parte Central e Norte do Brasil. De todas as espécies conhecidas, cerca de 51 a 64 produzem frutos comestíveis. O gênero *Passiflora* é originado da América do Sul e tem o Centro-Norte do Brasil como o maior centro de distribuição geográfica. A origem do *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (maracujá-amarelo) é controversa, podendo ter sido derivada de cruzamento de *Passiflora edulis* (maracujá

roxo) com alguma espécie relacionada ou de mutação de *Passiflora edulis* (Teixeira, 1994).

Ruggiero et al. (1998) descreve o maracujazeiro amarelo como sendo uma planta trepadeira, semilenhosa, perene, apresentando um caule cilindro ou anguloso em planta jovem, de crescimento e frutificação precoce, com os seus ramos podendo atingir uma distância de 10 a 20 m do tronco. O sistema radicular encontra-se numa profundidade entre 0 e 45 cm e na distância de 15 a 50 cm do tronco. Os seus ramos são semiflexíveis, trepadores e sustentam as folhas, gavinhas, flores e frutos, sendo que cada internó forma um novo ramo, uma gavinha, uma flor e fruto. O maracujazeiro forma um grande número de folhas subcoriáceas, tendo posição alterna, de cor verde-escura; a folha jovem é de forma ovada e sem apresentar os três lobos, mas uma folha mais velha é profundamente trilobada, com os bordos serrados, em cuja axila de cada folha nascem as gavinhas, uma gema vegetativa que origina um novo ramo e uma gema florífera que forma a flor e, depois, o fruto; as flores surgem da axila das folhas dos ramos novos. As flores são hermafroditas e nascem isoladamente nas axilas das folhas sobre pedúnculos articulados contendo três brácteas de forma laminar. A flor é diclamídea com o cálice contendo 5 sépalas e a corola composta de 5 pétalas livres ou unidas na base e de consistência carnosa. As flores são muito perfumadas e produzem bastante néctar. O fruto do *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. é uma baga de forma globosa, carnosa, com casca de cor esverdeada, quando verde, e de coloração amarelo-áurea ou amarelo-canário, brilhante, quando o fruto está maduro. O fruto apresenta um diâmetro longitudinal de 5,1 a 9,1 cm, com peso de 38 a 105 g. A parte interna constitui a polpa (formada por sementes e respectivos arilos) com sementes de cor pardo-escura com envoltórios duros, revestidos pelo arilo, em forma de suco de cor amarela e muito aromático.

Segundo as estatísticas disponíveis, houve um crescimento acentuado da área plantada e da produção de maracujá no Brasil, a partir de 1990; em 1989 o Brasil produziu 258.584 t, numa área de 28.259 ha, passando para 317.236 t em 1990, chegando a 418.246 t em 1992, decrescendo ligeiramente nos anos seguintes, para depois voltar aos mesmos patamares em 1996. Atualmente, cerca de 33.000 ha são cultivados com o maracujazeiro espalhados por quase todos os estados brasileiros, sendo os mais importantes São Paulo, Minas Gerais, Sergipe, Bahia, Pará, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Espírito Santo, Goiás e Ceará (IBGE, 1999).

De acordo com Silva (2000), outro aspecto que chama a atenção é o fato do maracujazeiro estar sendo cultivado em pequenas áreas, cerca de 2 ha, e em pequenas propriedades, na maioria das regiões brasileiras, constituindo-se em importante gerador de renda, dado o elevado valor, além de propiciar um período longo de colheita e de faturamento durante o ano. O período produtivo pode variar de 6 meses por ano nas regiões mais ao Sul do país, até o ano todo nas regiões ao Norte. A vida útil do pomar, segundo Silva (2000), tem variado muito, de acordo com a produtividade, condições climáticas e tratos culturais, mais dificilmente tem superado 2 anos.

O maracujazeiro desenvolve-se adequadamente em regiões tropicais e subtropicais, com temperatura média mensal de 20 a 32°C. Durante o seu cultivo não deve ocorrer um longo período de temperaturas médias abaixo de 16°C, nem geada e ventos frios. Para o florescimento e frutificação, há necessidade de calor, umidade no solo e dias longos (a exigência de um mínimo de 11 horas de luz por dia associada a alta temperatura). As baixas temperaturas e os dias curtos de inverno interrompem a produção, definindo uma safra de 7 a 10 meses por ano (Ruggiero et al., 1998).

Para o cultivo do maracujazeiro, a precipitação anual deve ser de 800 a 1.700 mm bem distribuídos. Locais com chuvas intensas e frequentes não são recomendados, pois causam redução na polinização, enquanto secas prolongadas provocam a queda de frutos (Ruggiero et al., 1998). Carvalho (1965) relata que o maracujazeiro é considerado, por alguns autores, como resistente à seca. Entretanto, com pouca água no solo o seu desenvolvimento, a sua floração e a produção de frutos são reduzidos. Deve-se plantar em solos areno-argilosos, profundos e bem drenados. Não deve utilizar baixadas, solos pedregosos ou com possibilidade de encharcamento, por favorecerem a incidência de doenças do sistema radicular (Ruggiero et al., 1998). O mesmo acontece com cultivos em solos de pH abaixo de 5,0 com teor elevado de alumínio.

O ponto de maturação para a colheita depende da utilização que vai ser dada à fruta, geralmente o fruto do maracujazeiro não é colhido, mas deixado na trepadeira até que ocorra sua queda natural, procedimento necessário para haver plena maturação. No caso de transporte a longas distancias, os frutos deverão ser colhidos parcialmente maduros, de modo a chegarem ao destino em condições próprias para consumo (Salunkhe & Desai, 1984).

2.2. Fatores que afetam a salinidade do solo

A origem do problema de salinidade está na própria formação do solo, uma vez que o mesmo é produto da intemperização da rocha matriz, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de vários fatores, tais como clima, relevo, organismos vivos e tempo (Brady & Buckman, 1983).

Segundo Richards (1954), embora a principal fonte de todos os sais encontrados no solo seja a intemperização das rochas, raros são os exemplos onde esta fonte tenha provocado, diretamente, problemas de salinidade do solo. Frequentemente, problemas de salinidade têm sido associados com a água de irrigação e com a presença de lençol freático elevado e não controlado. No entanto, os ventos, as chuvas e as inundações das águas do mar têm, também, provocado problemas de salinidade em várias partes do mundo (van Alphen & Verhoeven, 1983).

Para Bohn et al. (1985), as três principais fontes naturais de sais do solo são o intemperismo mineral, a precipitação atmosférica e os sais fósseis (aqueles remanescentes de ambientes marinhos ou lacustres), sendo que, os sais também podem ser adicionados ao solo através de atividades humanas, incluindo o uso de águas de irrigação e salmoiras altamente salinas ou resíduos industriais.

Sódio, magnésio, potássio, cloro, enxofre, carbonato e outros íons, embora estejam presentes nas rochas, possuem menores coeficientes de energia, apresentando alta solubilidade e mobilidade em relação ao silício, alumínio e ferro, conseqüentemente, os diferentes compostos solúveis daqueles elementos, quando liberados da rocha matriz, poderão ser acumulados no solo em determinadas condições, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas (UNESCO/FAO, 1973).

De acordo com Shalhevet (1973), os dois principais fatores que controlam a acumulação de sais no solo são a qualidade e quantidade da água de irrigação. Os sais vão se acumulando na zona radicular do solo à medida que as culturas consomem por evapotranspiração grande parte da água armazenada (Ayers & Westcot, 1999).

Existem várias classificações para os solos afetados por sais, sendo as mais importantes a russa, a francesa e a americana, do qual a americana é a classificação mais

simples e mais prática (Richards, 1954), baseada na concentração de sais solúveis (expressa em condutividade elétrica – CE) extraídos da pasta de saturação do solo (CE_{es}) e na percentagem de sódio trocável do solo.

Bohn et al. (1985) citam que tem sido estabelecido o valor da CE_{es} de 4 dS m^{-1} como linha divisória entre solos salinos e não salinos, entretanto, podem-se encontrar plantas sensíveis aos sais que podem ser afetadas em solos cujo extrato de saturação apresentem CE entre 2 e 4 dS m^{-1} . Daí o comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciências do Solo (SSSA, 1976) tem recomendado baixar o limite entre solos salinos e não salinos para 2 dS m^{-1} . A classificação tradicional e a proposta pela SSSA (1976) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação de solos afetados por sais.

	Classificação tradicional (Richards, 1954)	Classificação proposta (SSSA, 1976)
Solos normais	$CE < 4 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15 $pH < 8,5$	$CE < 2 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15 $pH < 8,5$
Solos salinos	$CE > 4 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15 $pH < 8,5$	$CE > 2 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15 $pH < 8,5$
Solos sódicos	$CE < 4 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15 $pH > 8,5$	$CE < 2 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15 $pH > 8,5$
Solos salinos-sódicos	$CE > 4 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15 $pH < 8,5$	$CE > 2 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15 $pH < 8,5$

Fonte: Bohn et al. (1985).

Richards (1954) e Pizarro (1985) afirmam que, no processo de concentração de sais no solo, em virtude das precipitações dos carbonatos de cálcio e de magnésio, bem como do sulfato de cálcio, ocorrerá um aumento da concentração relativa de sódio, que poderá substituir o cálcio e o magnésio trocáveis, originando o processo de sodificação do solo. van Bladel & Gheyi (1980) relatam que, as substituições do cálcio e magnésio pelo sódio só passarão a ser significativas quando a sua precipitação for superior a 50% na solução do solo.

Por restringir o crescimento vegetal, a dispersão é um fenômeno típico de solos com excesso de sódio trocável, onde predominam os movimentos Brownianos. Ao se

aumentar a concentração de eletrólitos, as forças repulsivas são reduzidas, prevalecendo as forças de atração de Van der Waals, ocorrendo a floculação, que permite a separação das fases sólidas e líquidas. A dispersão e floculação das argilas dependem da espessura da dupla camada difusa ao redor das partículas e, portanto, da concentração de cátions (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , etc.) que estão próximos à sua superfície (Lima, 1997).

Outro efeito da salinidade na propriedade física do solo relaciona-se à diminuição da disponibilidade de água no solo. De acordo com Russo & Bresler (1980), em solos cuja estrutura tenha sido modificada pela sodicidade e/ou ausência de íons em solução, a tendência é armazenar mais água quando expostos aos mesmos níveis de potencial matricial. Lima et al. (1990), estudando os efeitos da sodicidade e da concentração de sais sobre um solo argiloso, observaram aumento na água retida quando o solo era exposto a uma maior concentração de sódio na fase trocável e/ou menor concentração de sais na solução. Como pode ser esperada, a baixa concentração de íons em solução e/ou a alta percentagem de sódio trocável contribuem para o aumento da microporosidade, alterando, portanto, o movimento de água no solo (Lima, 1997).

Os problemas de toxicidade e de salinidade são diferentes, entretanto, podem atuar simultaneamente. A toxicidade ocorre internamente na planta e não é provocada pela falta de água; normalmente, ela se origina quando certos cátions, absorvidos pela planta com a água do solo, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocarem danos.

As propriedades físicas do solo, tais como estrutura, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração são muito influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presente no solo (Shainberg & Oster, 1978). Daker (1988) afirma que pequenas diferenças de textura podem provocar um movimento desigual na distribuição de água nas camadas do solo, acarretando desuniformidade na acumulação de sais ao longo do perfil.

Para Pizarro (1985), o principal efeito da salinidade sobre os solos consiste em sua ação sobre a estrutura. Esta propriedade é função da floculação dos colóides e da cementação dos mesmos na forma de agregados, fazendo com que os efeitos da salinidade sejam mais pronunciados quanto mais argiloso for o solo. Elevadas concentrações do íon bicarbonato tendem a precipitar o cálcio e o magnésio, aumentando a concentração de

sódio em relação a estes, afetando assim, a permeabilidade, por ser o sódio um agente muito ativo de dispersão do solo (Rhoades, 1972; Oster & Schrder, 1979).

As propriedades químicas do solo dependem, basicamente, dos colóides eletronegativos, constituído de argilas e de ácidos húmicos. Os colóides eletronegativos estão rodeados de capas de cargas. A primeira corresponde ao próprio colóide, carregada negativamente, a segunda é composta de cátions que se encontram retidos devido à sua carga positiva. Os mais importantes cátions adsorvidos são os íons de hidrogênio, cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio (Pizarro, 1985). O mesmo autor cita ocorrer um equilíbrio entre os cátions da solução do solo e os cátions adsorvidos, que se reflete na relação de adsorção de sódio (RAS) e na percentagem de sódio trocável (PST) do solo, existindo, assim, uma relação entre ambas, o que permite estimar facilmente a PST a partir dos valores da RAS.

Diversas medidas de laboratórios são usadas para avaliar a salinidade do solo, sendo as mais importantes o pH (influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis), composição dos sais solúveis, presença ou ausência do gesso ou carbonatos de cálcio e magnésio; condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{cs}) e porcentagem de sódio trocável (van Raij, 1991); para se avaliar ao perigo de sodificação do solo pelo uso da água de irrigação é utilizada a relação de adsorção de sódio (RAS).

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

Fireman & Wadleigh (1951), estudando a relação entre o pH da pasta de saturação (pH_{ps}) e PST em solos de regiões áridas, concluíram que os valores de $pH_{ps} > 8,5$ indicam quase sempre PST maior do que 15 e presença de carbonato de cálcio e de magnésio; por outro lado, com $pH_{ps} < 8,5$ a PST pode ser maior ou menor que 15 e solos com $pH_{ps} < 7,5$ dificilmente contém carbonatos de cálcio e de magnésio e, no caso de $pH_{ps} < 7,0$, seguramente, o solo contém quantidades consideráveis de H^+ e Al trocáveis.

Segundo Ayers & Westcot (1999), os sais são adicionados na zona radicular através da água de irrigação, aumentando a sua concentração à medida que as culturas

consomem, por evapotranspiração, grande parte da água armazenada. Para evitar uma acumulação excessiva, uma parte deve ser eliminada por lixiviação. Richards (1954), Rhoades & Loveday (1990), Hoffman et al (1992), e van Hoorn & van Alphen (1994), de forma simples, descrevem que a relação entre a lâmina percolada abaixo da zona radicular e a água total aplicada é igual à relação entre a concentração de sais da água aplicada e da água drenada abaixo da zona radicular, correspondendo à fração de lixiviação (FL), calculada através da seguinte equação:

$$FL = \frac{Lx}{Ln} \dots\dots\dots (Eq. 1)$$

onde:

FL – fração de lixiviação;

Lx – lâmina de lixiviação, ou lâmina de água que percola abaixo da zona radicular, ou ainda lâmina de drenagem.

Ln – lâmina de irrigação aplicada

A relação existente entre condutividade elétrica do solo e da água de irrigação se modifica de acordo com os valores da fração de lixiviação (FL), ou seja, quanto maior for a lixiviação menor será a salinidade do solo em relação à salinidade da água de irrigação. De acordo com Ayers & Westcot (1999), para um solo de textura média e FL entre 0,15 a 0,20 existe a seguinte relação $CE_{es} = 1,5 \times CE_a$.

onde:

CE_{es} – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo;

CE_a – condutividade elétrica da água de irrigação.

2.3. Qualidade da água para irrigação

A produção de alimentos, sob condições irrigadas, depende tanto da quantidade como da qualidade da água. No entanto, o que se observa há vários milênios, é uma grande preocupação com o fornecimento de água e nenhuma preocupação com a qualidade da mesma; a importância da qualidade da água começou a ser reconhecida a partir do século XX (Wilcox & Durum, 1967; Shainberg & Oster, 1978; Araguez Lafarga,

1982), devido ao fato que, até então, as fontes de águas eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização; esta situação, porém, está mudando em muitos lugares, devido ao aumento de consumo, tendo-se que recorrer ao uso de águas de qualidade inferior, tornando-se necessária a sua avaliação (Ayers & Westcot, 1999).

A rigor, todas as águas naturais, quer sejam de origem pluvial, superficial ou subterrânea, contêm sais dissolvidos em quantidades variadas (Jackson, 1958; Kovda et al., 1973; Yaron, 1973; Kamphorst & Bolt, 1976). O tipo e a quantidade destes sais dependem de sua origem e também do curso da água antes de sua utilização. Qualquer adição de água ao solo, quer seja pela ascensão capilar do lençol freático quer pela irrigação, implica, necessariamente em adição de sais ao perfil (Kamphorst & Bolt, 1976). Por isso, a água de irrigação, mesmo de baixa salinidade, pode tornar-se um fator de salinização do solo, se não for manejada corretamente (Richards, 1954; Pizarro, 1985).

Ayers & Westcot (1999) definem a qualidade da água de irrigação por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas, podendo variar significativamente, segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos, uma vez que todas as águas naturais contêm sais solúveis, em quantidade e proporções variáveis. Assim, qualquer adição de água no solo, quer seja de boa ou de má qualidade, ocasiona adição de sais ao perfil do solo, constituindo-se em importante fator de salinização, de acordo com os autores anteriormente citados. Conforme Doneen, (1975), Shalhevet & Kanburov (1976) e Medeiros (1992), a qualidade da água para irrigação é função da quantidade e do tipo de sais dissolvidos nela, destacando-se, na maioria das vezes, os sais de sódio, cálcio, magnésio e potássio, na forma de cloreto, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos. Tanji (1990) inclui, ainda, outros constituintes, como o B, Sr, Li, SiO₂, Rb, F, Mo, Mn, Ba e Al, que dependendo do teor, tornam a qualidade da água ainda pior, sendo que estes sais podem se apresentar em diferentes proporções, dependendo da fonte de água, de sua localização geográfica, etc.

De acordo com Bernardo (1995), para uma correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos sobre a cultura, sobre o solo e manejo de irrigação, parâmetros esses necessários para se controlar ou compensar os problemas relacionados com a salinidade.

Em estudos realizados por Medeiros (1992) e Audry & Suassuna (1995), durante o período de 1988 a 1992, sobre a qualidade das águas usadas na irrigação em 95 propriedades localizadas nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, foi verificada uma semelhança de aproximadamente 78% na composição química das águas analisadas, com predominância para o cloreto e o sódio, com condutividade elétrica (CE) variando entre 0,25 e 1,50 dS m⁻¹, sendo praticamente iguais as concentrações de cálcio e o magnésio.

Leprun (1983) descreve que, nas condições do Nordeste brasileiro, a salinidade da água, em média, varia na seguinte ordem: açudes < rios < cacimbões < poços rasos, com a seguinte composição iônica, Na⁺ > Ca⁺⁺ > Mg⁺⁺ > K e Cl⁻ > HCO₃⁻ > SO₄⁻, tendo as águas de açudes e poços uma relação Ca/Mg > 1, ao passo que, para as de cacimbões e rios esse valor é menor que 1.

A adequação da água para irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de uso (Wilcox & Durum, 1967), no entanto, recomenda-se, além das características físico-químicas, analisar outros fatores, tais como, manejo da irrigação e drenagem, as características do solo, a tolerância das culturas a serem exploradas e as condições climáticas locais (Logan, 1965; Palacios & Aceves, 1970; Rhoades, 1972; Kovda et al., 1973; Christiansen et al., 1977; Frenkel, 1984). Como resultado da evapotranspiração, a concentração salina da solução do solo pode aumentar de 4 a 10 vezes mais do que a da água de irrigação, dentro de 3 a 7 dias após a sua aplicação (Carter, 1975). Assim, uma mesma qualidade de água pode ser considerada perfeitamente adequada para um certo tipo de solo ou cultura, mas ser inadequada para outros (Hoorn, 1971). Mas, se a água for aplicada em excesso e a infiltração e drenagem forem adequadas, a salinidade do solo poderá permanecer em nível baixo (Bernstein, 1974).

Uma vez que, a CE_{es} é o reflexo da acumulação de sais na zona radicular, suponha-se que:

a) a água de irrigação seja a única fonte de sais solúveis. Caso uma outra fonte, por exemplo, lençol freático salino à pequena profundidade, estiver presente, a relação CE_{es} = 1,5 x CE_a não poderá ser considerada válida.

b) a fração de lixiviação utilizada esteja entre 0,15 e 0,20. Quando a fração de lixiviação estiver fora deste intervalo, devem ser calculados os valores para a condição correspondente à fração de lixiviação a utilizar (Ayers & Westcot, 1999).

Bernardo (1995) relata que a água deve ser analisada em relação a cinco parâmetros básicos: concentração total de sais (salinidade); proporção relativa de sódio, em relação a outros cátions (sodicidade); concentração de elementos tóxicos; concentração de carbonatos e bicarbonatos, além do aspecto sanitário. A sodicidade se refere ao efeito relativo do sódio da água de irrigação tendendo a elevar a porcentagem de sódio trocável (PST) no solo, com danos nas suas propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração. A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos íons sobre as plantas, afetando o rendimento, independentemente do efeito osmótico. Em alguns casos, o efeito iônico pode se manifestar na forma de desequilíbrio nutricional (Holanda & Amorim, 1997).

Os parâmetros básicos de avaliação da qualidade de água para irrigação são: acidez (pH), condutividade elétrica (CE_a), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^-), carbonato (CO_3^-), bicarbonato (HCO_3^-), boro (B), total de sólidos dissolvidos (TSD), relação de adsorção de sódio (RAS), porcentagem de sódio solúvel (PSS), soma de cátions e soma de ânions (Bernardo, 1995; Holanda & Amorim, 1997).

De acordo com Rhoades & Loveday (1990), o método mais recente para a avaliação da adequabilidade de uma água para irrigação consiste em: (1) predizer a composição e o potencial mátrico da água do solo, no tempo e no espaço, resultante da irrigação e do cultivo e (2) interpretar tais informações em termos de como as condições de solo são afetadas e, ainda, como a cultura responde a tais condições sob determinadas variáveis climáticas.

Segundo Rhoades et al. (1992), para se avaliar a adequabilidade da água para irrigação sob condições expressiva de referência (equilíbrio dinâmico), deve ser usado o modelo para condições de equilíbrio relativamente simples, denominado "Watsuit", que provavelmente, fornece a pior situação que resultaria da irrigação com uma determinada água.

Freqüentemente, a água de irrigação é classificada em relação a três parâmetros, sendo o primeiro relacionado ao risco de salinidade, caracterizado pelo aumento da concentração de sais e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, depois, o risco de sodicidade, baseado essencialmente no efeito do sódio trocável, tomando-se como base valores limites da RAS, em função da CE_a e, por último, o risco de toxicidade por íons específicos. A classificação feita por Richards (1954) apesar de ser muito utilizada apresenta alguns inconvenientes. Pizarro (1985) aponta como principais problemas dessa classificação: 1) a suposição de que cálcio e magnésio têm a mesma seletividade de troca iônica, o que não corresponde a realidade; para uma mesma RAS a adsorção de sódio no solo cresce ao aumentar a relação Mg/Ca devido à menor energia de adsorção do magnésio; 2) não leva em conta a possibilidade de precipitação de sais, fenômeno que pode aumentar o risco de sodicidade, já que o cálcio é o cátion mais sujeito à reação, precipitando na forma de carbonato e sulfato que são de baixa solubilidade e 3) a classificação tem um erro conceitual, pois os sais da solução do solo têm um efeito floculante, oposto ao efeito dispersante do sódio trocável; dessa forma, para uma mesma RAS, o risco de sodicidade será menor quanto maior for a CE_a . Segundo Bhumbra (1977), das dezesseis classes previstas da combinação da salinidade com a sodicidade na classificação de Richards (1954), seis não são encontradas sob condições naturais.

Medeiros & Gheyi (1994) enfatizam a necessidade do desenvolvimento de um sistema de classificação de água, próprio para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico seguro de seu efeito quando usada em irrigação; enquanto isso não ocorre, sugerem que na classificação quanto à salinidade, seja utilizada a proposição do UCCC (University of California Committee of Consultants), citada por Frenkel (1984) e Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1954) e nem generalista como a apresentada por Ayers & Westcot (1999). Com respeito à sodicidade ou aos problemas de infiltração e à toxicidade iônica, as diretrizes apresentadas por Ayers & Westcot (1999) são adequadas. As referidas propostas para classificação encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC	Risco de salinidade	Ayers & Westcot (1999)	
	Faixas de CE_a ($dS\ m^{-1}$)			Faixas de CE_a ($dS\ m^{-1}$)	Problema de salinidade
C ₁	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C ₂	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,7 – 3,0	Moderado
C ₃	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C ₄	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

Fonte: Holanda & Amorim (1997).

Tabela 3. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

RAS ($mmol\ L^{-1}$) ^{0,5}	Grau de restrição		
	Nenhum	Ligeira e moderada	Problemas severos
----- CE_a ($dS\ m^{-1}$) -----			
0 – 3	> 0,7	0,7 – 0,2	< 2,0
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

Fonte: Ayers & Westcot (1999).

Tabela 4. Riscos de toxicidade de sódio, cloreto e boro na água de irrigação.

Íon específico (afeta culturas sensíveis)	Unidade	Grau de restrição para uso		
		Nenhum	Ligeira a moderada	Severa
Sódio, irrigação por superfície	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Sódio, irrigação por aspersão	$mmol_c\ L^{-1}$	< 3	> 3	-
Cloreto, irrigação por superfície	$mmol_c\ L^{-1}$	< 4	4 – 10	> 10
Cloreto, irrigação por aspersão	$mmol_c\ L^{-1}$	< 3	> 3	-
Boro	$mmol_c\ L^{-1}$	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1999).

2.4. Efeito da salinidade sobre as plantas

Em geral, as plantas têm comportamentos diferentes diante dos problemas de salinidade e sodicidade; nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis em níveis altos e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos. Tais comportamentos dependem do tipo de sais solúveis, conteúdo de sódio trocável e presença de íons tóxicos, sendo que, esta diferença deve-se à melhor capacidade de adaptação osmótica, resultando em absorção, mesmo em condições de salinidade, de maior quantidade de água (Ayers & Westcot, 1999). Os mesmos autores

relatam ser muito útil esta capacidade de adaptação, permitindo a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzirem rendimentos economicamente aceitáveis.

A distinção entre salinidade e sodicidade é pertinente, uma vez que, salinidade se refere a concentrações tão elevadas de sais solúveis afetando as propriedades da solução do solo à qual as raízes estão expostas, enquanto que a sodicidade diz respeito, em particular, à elevada concentração de íons de sódio no solo, em relação a outros íons, todavia, o termo salinidade é freqüentemente usado como termo genérico, abrangendo ambas as condições (Lauchli & Epstein, 1990).

Fatores como natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento da cultura, condições atmosféricas, em função de seus efeitos na taxa de evapotranspiração, dentre outros, fazem com que as plantas afetadas pela salinidade apresentem um retardamento na germinação, folhas menores, podendo ser mais espessas e com coloração verde mais escura do que as plantas normais, atrofiamento dos frutos, das folhas e dos caules (Strogonov, 1964; Ingvalson et al. 1976; Korkor & Hilla, 1976). Pizarro (1985) diz que o excesso de sais solúveis no solo acarreta redução do potencial osmótico e, por conseguinte, do gradiente de potencial hídrico entre o solo e a semente, dificultando o processo de embebição, sendo que os sais podem ocasionar prejuízos desde o início do crescimento do eixo embrionário (germinação) até mesmo inibição do processo germinativo.

Segundo Richards (1954), a redução e desuniformidade do crescimento, presença de uma coloração verde-azulada nas folhas e queimaduras nas bordas das folhas são características dos efeitos nocivos dos sais nos vegetais, sendo estes efeitos de ordem osmótica e tóxica. Strogonov (1964) e Bernstein (1964 e 1974) também consideram os dois efeitos citados por Richards (1954) e acrescentam um terceiro, o efeito específico de natureza nutricional, que tem influência mais marcante que o efeito osmótico. Rhoades & Loveday (1990), Rhoades et al. (1992) e Ayers & Westcot (1999), contribuem acrescentando possíveis efeitos indiretos causados por alterações físicas e químicas no solo.

De forma semelhante, Tayer (1987) cita três efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais: (a) seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico; (b) efeito tóxico de íons, principalmente, cloro e sódio e (c) equilíbrio nutricional,

provocado pela elevada concentração iônica, especialmente de íons de sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes.

De acordo com Jones & Jones (1989), estresse é qualquer tipo de influência negativa, de origem biótica ou não, que possa afetar o desenvolvimento normal do potencial genético da planta. Sob condições de estresse salino, o fluxo de água no sentido “solo→planta→atmosfera” é reduzido, devido ao decréscimo do potencial hídrico da solução do solo, condicionado pela concentração de sais solúveis na rizosfera – efeito osmótico (Richards, 1954; Menguel & Kirkby, 1987; Rhoades & Loveday, 1990). Com a diminuição do fluxo de água, reduz-se a transpiração da planta, prejudicando o seu metabolismo, quer devido ao aumento da temperatura foliar e seu efeito sobre a atividade de várias enzimas, quer devido à menor disponibilidade de água livre na planta; nessas condições, ocorre perda de turgescência, prejudicando, também, o alongamento celular (Cairo, 1995).

A análise elementar completa de uma planta revela a existência de um grande número de elementos, porém nem todos são essenciais à vida vegetal. Uma vez que a planta absorve do meio que vive tanto elementos de que necessita como outros de que não precisa, alguns dos quais podem ser tóxicos. Pode-se afirmar que, todos os elementos essenciais devem estar contidos na planta, mas nem todos os elementos encontrados na planta são essenciais (Ferri, 1985). Dos meios em que a planta retira elementos, o solo é o mais facilmente modificado pelo homem. As plantas requerem uma concentração mínima dos elementos essenciais na solução do solo, além de um determinado equilíbrio entre os mesmos, para absorvê-los em quantidades adequadas e de forma balanceada (van Raij, 1991). Segundo Malavolta et al. (1997), devido à presença de outros íons, podem existir efeitos antagônicos (o excesso de um íon diminui a absorção de um segundo, evitando a toxidez deste), de sinergismo (aumento na absorção de um íon pela presença de outro) ou de inibição (diminuição reversível ou não da absorção de um íon pela presença de outro). Em se tratando de salinidade, devido o aumento na concentração de alguns íons específicos que provocam fitotoxidez e/ou desequilíbrio nutricional, os problemas de fertilidade do solo e de nutrição da planta geralmente são acentuados.

Conforme a literatura, é comum ocorrer adaptações morfológicas nas plantas, sob condições de estresse hídrico e salino, uma forma de reduzir a perda de água por transpiração; dentre essas adaptações, destacam-se a redução do tamanho e do número

de folhas (Maas & Nieman, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1989). São encontradas referências mostrando que, em condições de estresse hídrico e salino, diminui o transporte de citocininas da raiz para a parte aérea (Itai et al., 1965; 1968 e 1971); sendo as citocininas importantes para a síntese de proteínas e crescimento das plantas, por estarem envolvidas na restauração da RuDP (rubisco) no processo fotossintético (Gordon & Letham, 1975; Skene, 1975; Bradford, 1982), sendo este um dos fatores, a explicar, a redução do crescimento das plantas sob condições de estresse salino.

Tayer (1987) relata ainda que, o mecanismo de inibição no desenvolvimento das plantas, resultante da salinidade, é devido ao seu efeito direto na síntese do RNA e na redução da divisão celular e ou alongamento das células, causados pela diminuição da água disponível para a planta.

2.4.1. Efeito osmótico

Existe evidência de que uma diminuição no potencial osmótico da solução do solo, provocada por altas concentrações de sais solúveis provenientes da água de irrigação e do lençol freático, pode diminuir ou mesmo impedir a absorção de água pelas raízes das plantas, segundo características próprias de distintas espécies e/ou variedades vegetais, afetando o seu desenvolvimento e rendimento (Thorne & Peterson, 1954).

A influência na disponibilidade de água para as plantas é resultado da soma de dois fatores: (1) pressão osmótica da solução do solo e (2) tensão total da água do solo, pouco importando se a tensão provém parcial ou totalmente da salinidade ou da umidade existente no solo (Cruciani, 1987; Daker, 1988).

Ayers & Westcot (1999) mencionam que, quando as forças de sucção das raízes são maiores do que às forças de retenção do solo, a planta consegue extrair água do solo. No entanto, à medida em que a água é extraída, as forças de retenção do solo tornam-se maiores que as de sucção, caracterizando, a partir deste ponto, o estado de escassez de água à planta. De um modo geral, pode-se dizer que, devido à relação dos sais com a água, as plantas têm que exercer maior força de sucção para extrair do solo uma unidade de água com sais, do que sem sais, requerendo, desta forma, energia adicional para absorver água de uma solução em solo salino. A presença de sais na solução do solo faz diminuir o

potencial osmótico, chegando ao ponto em que a força de sucção das raízes não consegue mais se contrapor ao potencial osmótico e, em conseqüência, as plantas não conseguem absorver água (Hayward & Spurr, 1944; Pizarro, 1985).

O excesso de sais na solução do solo da zona radicular exerce, geralmente, efeito deletério no crescimento das plantas, incluindo-se a expansão celular, síntese de metabólicos e componentes estruturais. Este efeito está relacionado, acima de tudo, à concentração eletrolítica e independe da composição específica do soluto. A salinidade excessiva reduz o crescimento da planta, por causar aumento no dispêndio de energia para absorver água do solo e realizar os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse. Esta energia é desviada dos processos que conduzem ao crescimento e à produção (Rhoades et al., 1992).

De acordo com Epstein (1972) e Menguel & Kirkby (1987), as células do tecido radicular das plantas, sob condições salinas, são impedidas de absorver água do substrato ou o fazem numa velocidade muito lenta, devido à inibição osmótica imposta pela elevada concentração salina da solução do solo.

Baseado em resultados experimentais, Tayer (1987) afirma ser inválida a teoria da disponibilidade de água (inibição osmótica) ou, pelo menos, muito simplista em relação ao que verdadeiramente ocorre. Kramer (1983) menciona que as injúrias são mais diretamente relacionadas ao aumento da concentração iônica (sais) interna na planta e à sua composição iônica.

Segundo a UNESCO/FAO (1973), a reação a efeitos osmótico e iônico de sais nas plantas ocorre simultaneamente, sendo, por isso, difícil a identificação da diferença entre os mesmos.

2.4.2. Efeito direto do íon ou toxicidade

O efeito da toxicidade de sais no desenvolvimento das culturas é variável, dependendo do tipo e da concentração de certos íons específicos envolvidos, bem como da espécie ou variedade vegetal (Strogonov, 1964). Os problemas de toxicidade normalmente surgem quando esses íons são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em

concentrações suficientemente altas para provocarem danos e reduzirem seus rendimentos (Ayers & Westcot, 1999). Para Smedema & Rycroft (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração de sais na solução do solo, a causa dos problemas de toxicidade, ao que se supõe, devem-se a uma concentração elevada de um cátion ou ânion específico, ou a uma composição salina desfavorável na solução do solo, resultando numa excessiva ou desbalanceada absorção pelas plantas.

Dentre os íons que podem apresentar toxidez, os mais evidentes nos solos salinos do Nordeste, são o sódio e o cloreto, sendo a toxicidade mais freqüente a provocada pelo cloreto, seguida pelo sódio e boro (Lima, 1997; Ayers & Westcot, 1999). De acordo com Allison (1964), Bernstein (1974), Bresler et al. (1982), Bohn et al. (1985) e Rhoades & Loveday (1990), íons como sulfato, bicarbonato, carbonato, cálcio, magnésio, potássio, nitrato e lítio, quando em concentrações elevadas, são igualmente tóxicos.

Segundo Ayers & Westcot (1999), as culturas anuais são mais tolerantes, não sendo afetadas por concentrações baixas desses elementos, entretanto, sofrerão danos e chegarão a morrer se as concentrações forem altas, principalmente em regiões de clima quente, uma vez que, a acumulação desses íons tóxicos nas plantas é mais rápida nessas regiões por causa da elevada transpiração. Lauchli & Epstein (1990) comentam que a toxicidade em plantas lenhosas pode ocorrer mesmo sob concentrações moderadas de alguns íons. Bernstein (1965) relata que as frutíferas sofrem, freqüentemente, problemas de toxicidade, até mesmo sob condições de salinidade moderada.

Os efeitos da salinidade sobre as plantas são dependentes de vários fatores como, espécie, cultivar, fase da planta, fatores genéticos e climáticos, dentre outros (Richards, 1954; Maas & Hoffman, 1977; Fageria et al., 1981; Fageria, 1984; Lauchli & Epstein, 1990).

2.4.3. Efeito indireto do íon ou de natureza nutricional

Em determinadas condições da salinidade, a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto, concentrações de íons diversos podem provocar interferências indiretas capazes de

se constituir num obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico (Cruciani, 1987).

Altas concentrações de Na ou de outros cátions na solução do solo podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas através de seu efeito sobre as características físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos; por exemplo, quando no extrato de saturação do solo há teores consideráveis de carbonato de sódio, o pH do solo poderá alcançar valores tão altos, como 10 (Gheyi et al., 1991), reduzindo-se, nestas condições, a disponibilidade de vários elementos essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Zn) (Brady & Buckman, 1983), com influencia em seu crescimento, não diretamente pelo carbonato de sódio, mas, por seu efeito no pH do solo. Rains & Epstein (1967) comentam que, em ambientes salinos, onde o sódio predomina, a exigência nutricional da planta em relação ao potássio pode ficar prejudicada. Diversos estudos (Epstein, 1961; Lauchli & Epstein, 1970; Cramer et al., 1988) têm demonstrado que íons de sódio geralmente causam distúrbios na nutrição de cálcio. Ratner (1944), citado por Vasconcelos (1990), afirma que quando o complexo sortivo do solo se encontra saturado por íons de sódio, na ordem de 40 a 50%, há remoção de cálcio dos tecidos das raízes e, conseqüentemente, as plantas podem morrer devido à deficiência desse nutriente. Segundo Mehta & Desai (1957), o íon sódio inibe mais a germinação que o cálcio, em várias culturas; fato comprovado por Souza (1999), que, estudando germinação de melão, constatou maiores valores de percentagem de germinação com os sais de cálcio que com os de sódio.

De acordo com Gheyi et al. (1991), o excesso de um íon poderá provocar deficiência de outro, devido à precipitação ou inibição (por exemplo, excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato podem precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso de outro íon. Outro exemplo deste tipo de problema poderá ser o efeito de sódio trocável no solo, provocando condições físicas desfavoráveis para o crescimento das plantas, sobretudo, para o sistema radicular.

Kafkafi (1984) relata que variações nas concentrações de cloretos e sulfatos, na presença de nitratos, praticamente não interferem na composição mineral das plantas, entretanto, quando os cloretos predominam sobre os sulfatos, na presença de nitrato amoniacal, existe um aumento no conteúdo de cálcio, magnésio e potássio. Segundo Tanji & Hanson (1990), a capacidade de crescimento e realização de fotossíntese de

determinadas culturas, na presença de níveis elevados de cloreto, pode ser atribuído, dentre outros fatores, à grande eficiência na utilização do cálcio por essas plantas.

2.5. Tolerância das plantas à salinidade

Nem todas as plantas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis em níveis altos de salinidade e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos. A tolerância à salinidade de algumas culturas pode alcançar valores entre 8 e 10 vezes a tolerância de outras. Esta diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas possuem, o que permite absorver, mesmo em condições salinas, suficiente quantidade de água. Essa capacidade de adaptação permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo em baixos níveis. A amplitude dessa tolerância relativa permite a utilização de águas de salinidade moderada e, portanto, aumenta a faixa aceitável das águas salinas, consideradas adequadas à irrigação (Ayers & Westcot, 1999).

Cultivares tolerantes à salinidade, além de viabilizarem a produção agrícola em áreas salinizadas, podem ser uma ação complementar à recuperação de solos afetados por sais, com possibilidade de ser contornado o problema da salinidade através de seleção e melhoramento genético de plantas (Epstein, 1976; Ikehashi & Ponnampuruma, 1977; Dutta et al., 1978).

2.5.1. Critérios de avaliação da tolerância

A tolerância das culturas ao estresse salino pode ser definida, em nível de produção comercial, como a capacidade da planta em suportar determinados níveis de sais, presentes na solução do solo, sem a ocorrência de perdas significativas de seus rendimentos e qualidade da produção agrícola, quando comparados àqueles sob condições não salinas (Maas, 1990). É imprescindível se conhecer a tolerância de diferentes espécies e cultivares à salinidade para se optar pelo cultivo daquelas que propiciarão as maiores produções com o menor consumo de água para lixiviação, principalmente, em condições de semi-árido, onde grande parte da água disponível à irrigação contém teores relativamente altos de sais solúveis.

Conforme Hayward & Wadleigh (1949), são três os critérios utilizados para avaliar a tolerância de uma espécie ou cultivar à salinidade, a saber:

1) Capacidade para sobreviver em solos salinos. Este critério de julgamento é muito usado pelos ecologistas, mas com pouca significação prática no que se refere à agricultura irrigada;

2) Rendimento em solos salinos; muito utilizado pelos pesquisadores, este critério é de muita utilidade sob o ponto de vista agrônomo para comparar o comportamento de cultivares de uma mesma espécie, considerando-se a mais produtiva como a mais tolerante;

3) Rendimento relativo em condições salinas, comparado ao obtido em solos não salinos. Este critério é usado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos - USLL para preparação de tabelas de tolerância relativa das diferentes plantas à salinidade, fornecendo subsídios importantes aos programas de melhoramento genético de cultivares tolerantes à salinidade.

2.5.2. Mecanismos de tolerância

As plantas tolerantes à salinidade são designadas como plantas halófitas e sua tolerância pode ser de até 15 g L^{-1} ($\text{CE} \cong 24,00 \text{ dS m}^{-1}$) de cloreto de sódio, equivalente à metade da concentração da água do mar. Esse grupo de plantas absorve, por exemplo, o cloreto de sódio em altas taxas e o acumula em suas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo. O ajuste osmótico dá-se com o acúmulo dos íons absorvidos nos vacúolos das células das folhas, mantendo a concentração salina no citoplasma em baixos níveis, de modo a não haver interferência com os mecanismos enzimáticos e metabólicos e com a hidratação de proteínas em nível celular (Lima, 1997). O ajuste osmótico é obtido por substâncias compatíveis com as enzimas e os metabólicos ali presentes. Esses solutos são, na maioria, orgânicos como compostos nitrogenados e, em algumas plantas, açúcares como o sorbitol (Lauchli & Epstein, 1990). É interessante se ressaltar não haver fluxo através da membrana (tonoplasto) que separa o citoplasma e o vacúolo, mesmo havendo elevado gradiente de concentração. Tanji &

Hanson (1990) também relatam que no citoplasma a função de regulação osmótica é realizada, principalmente, pelos solutos sintetizados pela planta. Esta compartimentação do sal é que permite às plantas halófitas viverem em ambiente salino (Lauchli & Epstein, 1984; Poljakoff-Mayber & Lerner, 1993).

O mecanismo de ajustamento osmótico, variável entre espécies vegetais, é a base principal para uma classificação de halofíticas. Aquelas que acumulam sais em ajustamento osmótico são chamadas eualofíticas e aquelas que acumulam mais solutos, em comparação aos sais, são chamadas glicolofíticas (Chapman, 1960).

Entre as halofíticas, as eualofíticas ajustam-se ao ambiente salino pela acumulação de grande quantidade de sal, geralmente o NaCl (Waisel, 1972). Waisel (1972) e Fageria (1984) citam que essas plantas possuem mecanismos de adaptação para alta concentração de sais pelo aumento de suculência como, a *Salicornia herbacea*, pelo acúmulo em partes menos sensíveis como a *Atriplex sp.*, pela secreção do excesso de sais de seus órgãos como a *Spartina alterniflora*, ou por várias combinações desses mecanismos.

O mecanismo de seletividade de absorção iônica confere à planta a capacidade de discriminar elementos similares como o Na e o K, uma característica primordial no processo de adaptação à salinidade (Shannon, 1997). Este fato foi constatado por Shannon & Noble (1995), que observaram em variedades de trevo (*Trifolium subterraneum* L.) bons rendimentos, sob condições de salinidade, baixa concentração de Na⁺ nas folhas e níveis satisfatórios de K⁺.

Para Fageria (1989), o mais importante mecanismo para regular o estresse osmótico talvez seja a absorção seletiva de íons, pois plantas tolerantes possuem a capacidade de retirar nutrientes essenciais da solução salina, onde a concentração de íons não essenciais (tóxicos) é muito maior. Por exemplo, a concentração de sódio em solução de solos salinos é maior do que a de potássio, entretanto, a relação Na:K em plantas que crescem neste tipo de solo é, aproximadamente, um ou menos. Esta alta especificidade para absorção de K está presente em várias espécies de plantas (Pitman, 1970). De acordo com Magalhães (1979), a manutenção de níveis adequados de K na planta é essencial ao seu crescimento, o K⁺ ativa mais de 50 enzimas, algumas envolvidas em reações de fosforilação, síntese de carboidratos e proteínas, e na respiração, sendo ainda fundamental ao transporte e distribuição de carboidratos aos diversos órgãos da planta.

A tolerância das plantas pode ser, também, devido a mecanismos de adaptação morfológica; em espécies tolerantes ocorrem mudanças morfológicas e anatômicas para superar a deficiência hídrica. As mudanças de estrutura são variáveis entre espécies e entre cultivares e incluem: folhas menores e em número reduzido, diminuição do número de estômatos e alteração na sua distribuição por unidade de área foliar, espessamento da cutícula das folhas, diminuição de diferenciação e desenvolvimento do tecido vascular (Maas & Nieman, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1989). Segundo Läuchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), a redução da área foliar e da fotossíntese contribuem, em parte, para adaptação da cultura à salinidade. Läuchli & Epstein (1990) afirmam que a redução da área foliar pode aumentar, indiretamente, a concentração total de solutos na folha, a qual contribui para o ajustamento osmótico, a menos que os solutos se elevem a níveis tóxicos em compartimentos celulares específicos da folha. Shannon (1979), relata que é comum ocorrerem adaptações morfológicas nas plantas sob condições de estresse hídrico e salino, como forma de reduzir a perda de água por transpiração. Dentre essas adaptações, destaca-se a redução do tamanho e do número de folhas. Algumas plantas tolerantes são, ainda, dotadas de mecanismos de proteção tipo glândulas, encontrados na epiderme das folhas e do caule, por onde expelem sais (Thomson, 1975).

Ao contrário, as plantas sensíveis à salinidade (glicófitas) tendem, em geral, a excluir os sais na absorção da solução do solo, sem serem capazes de realizar o ajustamento osmótico descrito, sofrendo com o decréscimo do turgor e levando as células à plasmólise. Algumas espécies muito sensíveis à salinidade absorvem, também, sais juntamente com a água, ocasionando toxidez por excesso de íons absorvidos (Tanji & Hanson, 1990).

2.5.3. Salinidade e fitotoxicidade

2.5.3.1. Tolerância à salinidade

A tolerância das culturas aos sais é, convencionalmente, expressa em termos de nível máximo de salinidade média da zona radicular, sem afetar negativamente o seu desenvolvimento, denominado de “salinidade limiar” (SL), expressa em termos de

condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; conseqüentemente, nesse nível de salinidade o rendimento das culturas é 100% (Ayers & Westcot, 1999).

Maas & Hoffman (1977) dizem que o crescimento vegetativo das culturas decresce linearmente com o aumento da salinidade do meio, acima do valor de SL. Esse decréscimo deixa de ser linear quando o efeito da salinidade causa rendimentos consideravelmente inferiores a 50% do potencial produtivo da cultura. A relação linear entre a salinidade e o rendimento das culturas é dado por:

$$Y = 100 - b(CE_{es} - SL) \dots \dots \dots (Eq. 2)$$

em que:

Y – rendimento potencial (em percentagem)

CE_{es} – salinidade do extrato de saturação, em dS m⁻¹

SL – salinidade limiar da cultura, em dS m⁻¹

b – diminuição do rendimento por aumento unitário de salinidade acima da SL.

O valor “b” pode ser obtido através da seguinte equação:

$$b = \frac{100}{(CE_{es} \text{ para } Y = 0\%) - SL} \dots \dots \dots (Eq. 3)$$

Através da equação 2, pode-se calcular os valores de CE_{es} associados a qualquer percentagem de produção potencial, que não seja 100%, assim, temos:

$$CE_{es} = \frac{100 + b \times SL - Y}{b} \dots \dots \dots (Eq. 4)$$

Segundo Maas (1984), as culturas quanto a sua tolerância relativa a salinidade podem ser classificadas conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Classificação da tolerância relativa à salinidade.

Grupos de tolerância relativa	Salinidade limiar - SL (dS m ⁻¹)
Sensíveis	< 1,3
Moderadamente sensíveis	1,3 – 3,0
Moderadamente tolerantes	3,0 – 6,0
Tolerantes	6,0 – 10,0
Não adequada a maioria das culturas	> 10,0

Fonte: Maas (1984).

É importante reconhecer que dados de tolerância aos sais não podem produzir, com exatidão, as perdas quantitativas da produção pelo efeito da salinidade, haja vista que a resposta varia de acordo com as condições climáticas e de solo, manejo da irrigação e da cultura, etc., sendo o clima o fator que mais afeta a tolerância das culturas aos sais (Rhoades et al., 1992). Maas & Hoffman (1977), também reconhecem que a tolerância absoluta das culturas à salinidade não pode ser determinada, devido às muitas interações existentes entre planta-solo-água-clima, influenciando a habilidade das culturas em tolerarem sais.

2.5.3.2. Tolerância à toxicidade

Normalmente, os problemas de toxicidade se originam quando certos íons, absorvidos pela planta, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocar distúrbios fisiológicos. Os danos podem reduzir, significativamente, os rendimentos e sua magnitude depende do tempo, da concentração dos íons, da sensibilidade das plantas e do uso de águas pelas culturas. Os sintomas de toxicidade podem aparecer em qualquer cultura, desde que as concentrações sejam suficientemente altas, podendo acontecer mesmo em condições de baixa salinidade (Ayers & Westcot, 1999).

2.5.3.2.1. Limites de boro

Segundo Ayers & Westcot (1999), o boro é um elemento essencial ao desenvolvimento dos vegetais, contudo, em concentrações relativamente pequenas. Stromberg (1980) relata que cerca de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de boro na água de irrigação é o mínimo requerido para o suprimento adequado deste nutriente às plantas, podendo ocorrer danos nas folhas de genótipos sensíveis quando a concentração for de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (Lima, 1997).

Os danos causados pelo boro resumem-se em manchas amareladas ou secas, principalmente nas bordas e no ápice das folhas mais velhas. À medida que o quadro se agrava, os sintomas se estendem pelas internervuras até o centro das folhas (Ayers & Westcot, 1999). De um modo geral, os valores de tolerância ao boro podem ser interpretados através da Tabela 6.

Tabela 6. Níveis de tolerância das culturas ao boro na água de irrigação

Concentração (mg L ⁻¹)	Interpretação
< 0,5	Bom para todas as culturas
0,5 – 1,0	Danos ocorrem nas folhas de plantas sensíveis sem alterar a produção
1,0 – 2,0	Tolerado pelas semi-tolerantes mas reduz a produção das sensíveis
2,0 – 4,0	Somente plantas tolerantes produzem satisfatoriamente
> 4,0	Danos em quase todas as plantas

Fonte: Maas (1984)

2.5.3.2.2. Limites de sódio

Ao contrário do cloreto e semelhante ao boro, o excesso de sódio resulta em danos principalmente nas folhas mais velhas, como queimaduras ou necrose ao longo das bordas e na medida em que a necrose se intensifica, espalha-se progressivamente na área entre as nervuras até o centro das folhas (Ayers & Westcot, 1999). Segundo Biggar (1984), os sintomas aparecem nas plantas sensíveis quando a concentração de sódio atinge 0,25% da fitomassa seca da folha.

A tolerância das plantas ao sódio baseia-se na percentagem de sódio trocável (PST) presente no solo, conforme resumido na Tabela 07.

Tabela 7. Tolerância relativa das culturas ao sódio trocável.

Classe	Percentagem de sódio trocável	Plantas
Muito sensível	2 a 10	Frutas caducifólias
		Nozes
		Citros
		Abacate
Sensíveis	10 a 20	Feijão
		Trevo
Semi-tolerantes	20 a 40	Aveia
		Arroz
		Trigo
Tolerantes	40 a 60	Algodão
		Alfafa
		Cevada
		Tomate
		Beterraba

Fonte: Pearson (1960)

2.5.3.2.3. Limites de cloreto

A fitotoxicidade mais comum é a provocada pelo cloreto, por não ser retido nem adsorvido pelas partículas do solo, sendo, entretanto, absorvido pelas raízes e translocado às folhas. Os primeiros sintomas se manifestam nas extremidades do limbo, na forma de queimadura do ápice foliar, e à medida que progride, atinge as bordas e promove a sua queda prematura. Para Ayers & Westcot (1999), em culturas sensíveis, os sintomas aparecem quando a concentração de cloreto atinge de 0,3 a 10% em base de peso seco; já para Biggar (1984) este valor é de 0,5%.

A tolerância ao cloreto não está bem documentada, no entanto, pode ser interpretada a partir dos dados apresentados na Tabela 8. Observa-se que o tratamento convencional da água com cloro não induz efeitos maléficos às plantas pois os níveis situam-se em torno de 1 mg L^{-1} .

Tabela 8. Níveis de tolerância das plantas ao cloreto na água de irrigação

Concentração (mg L^{-1})	Interpretação
< 70	Bom para todas as plantas
70 – 140	Plantas sensíveis apresentam danos moderados nas folhas
140 – 350	Semi-tolerantes apresentam danos no ápice e até nas bordas das folhas
> 350	Causam problemas severos nas plantas

Fonte: Adaptado de Lima (1997)

2.6. Análise de crescimento

O crescimento de uma planta pode ser medido de várias maneiras. Em alguns casos, a determinação da altura é suficiente mas, às vezes, maiores informações são necessárias, abrangendo o tamanho das folhas (comprimento, largura e área) e o peso de matéria seca. Através da análise quantitativa do crescimento, pode-se observar que o crescimento e o desenvolvimento da planta são resultantes da ação conjunta de três níveis de controle: o genético, o hormonal e o ambiental.

Apesar da complexidade que envolve o crescimento das plantas, a análise de crescimento ainda é um meio acessível e preciso para se avaliar o crescimento e os processos fisiológicos do comportamento vegetal (Whale et al., 1985; Benincasa, 1988).

Magalhães (1979) cita que a análise de crescimento consiste no método que descreve as condições morfo-fisiológicas da planta, em diferentes intervalos de tempo, com o intuito de se quantificar o desenvolvimento de um vegetal. De acordo com Benincasa (1988), a análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total, podendo, assim, ser muito útil no estudo do comportamento vegetal, sob diferentes condições ambientais e de cultivo, auxiliando na seleção de cultivares ou espécies que apresentem características funcionais mais apropriadas aos objetivos da pesquisa, baseando-se no fato de que cerca de 90% em média, da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética, sendo o restante procedente da absorção de nutrientes minerais do solo. Segundo o autor, para a execução da análise de crescimento, torna-se necessária a coleta de dados, através de medidas de diferentes tipos, como comprimento, massa e número de unidades estruturais, realizadas a intervalos de tempo definidos, durante o período de desenvolvimento da cultura.

Segundo Shalhevet et al. (1995), o peso da matéria seca da parte aérea é um parâmetro melhor para classificar cultivares tolerantes à salinidade do que o peso da matéria seca das raízes. Fageria (1985), entre outros critérios, baseia-se na redução da matéria seca da parte aérea para classificar os genótipos de arroz quanto à salinidade, classificando como tolerante, moderadamente tolerante, moderadamente susceptível e susceptível, com base nas respectivas reduções de 0-20, 21-40, 41-60 e > 60 %.

Métodos para obtenção de dados para fins de análise quantitativa de crescimento de plantas, sob condições normais de cultivo, são em geral simples, consistindo, principalmente, em medições periódicas de matéria seca e área foliar (Briggs et al., 1920, Radford, 1967). Com os elementos básicos pode-ser estimar índices fisiológicos, tais como, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar, taxa de assimilação líquida e índice de área foliar, dentre outros (Kvet et al., 1971).

Para Benincasa (1988), a taxa de crescimento absoluto é a variação ou incremento de material da planta, entre duas amostragens, por unidade de tempo e expressa a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

De acordo com Magalhães (1979), a taxa de crescimento relativo pode ser chamada de índice de eficiência, uma vez que representa a capacidade da planta em produzir material novo, ou seja, a sua eficiência na conversão de matéria seca. Segundo Hunt (1982), a taxa de crescimento relativo de uma planta, em um tempo t , é definida como o aumento do material da planta por unidade de material presente, por unidade de tempo, ou seja, representa a quantidade de material novo produzido em relação ao material preexistente. Desta forma, o crescimento dependerá do material existente no início do período e da eficiência da planta na produção de novos produtos fotossintéticos. Já Ferri (1985) diz que a taxa de crescimento relativo é uma medida bastante apropriada para a avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado.

Segundo Magalhães (1979), a relação raiz/parte aérea tem grande significado morfogênético, uma vez que pode indicar a contribuição das reservas armazenadas no sistema radicular para o crescimento da parte aérea. Este índice é muito utilizado em estudos relacionados a estresse hídrico e salino para análise do comportamento da planta sob condições de estresse.

A determinação da área foliar é importante porque as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria orgânica através da fotossíntese. Conhecendo-se a superfície foliar e as alterações do peso da planta, durante um certo período de tempo, torna-se possível avaliar, através de cálculos, a eficiência das folhas e sua contribuição para o crescimento da planta como um todo. A razão de área foliar relaciona a área foliar com a matéria seca resultante da fotossíntese, ou seja, expressa a área foliar útil para a fotossíntese. Valores altos de razão de área foliar indicam que os produtos fotoassimilados estão sendo mais utilizados para formação do aparelho fotossintético (Ferri, 1985).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Etapas de estudo

O trabalho foi desenvolvido com o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* S. f. *flavicarpa* Deg.), em três etapas: a primeira (Etapa I), refere-se ao efeito da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a) na fase inicial (germinação, vigor e crescimento de mudas) de maracujazeiro amarelo; na segunda (Etapa II), estudou-se o efeito da CE_a sobre o crescimento, desenvolvimento e produção do maracujazeiro amarelo em condições de casa de vegetação e na terceira (Etapa III), avaliou-se o efeito da CE_a no desenvolvimento e produção do maracujazeiro amarelo em condições de campo.

3.2. Localização dos experimentos

Etapas I e II:

As Etapas I e II foram desenvolvidas sob condições de casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Campina Grande - PB, localizada pelas seguintes coordenadas geográficas: 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m; o clima da região, conforme a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (Coelho & Soncin, 1982) é do tipo *Csa*, que representa um clima mesotérmico, sub-úmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono e inverno; Os meses de junho e julho são os mais frios; as médias anuais são inferiores a 20°C (IBGE, 1991).

A Etapa I teve 3 meses de duração (dezembro de 1999 a março de 2000), enquanto a Etapa II compreendeu o período de março a novembro de 2000.

Etapa III:

Na Etapa III foi conduzido um experimento na área experimental da Escola Agrotécnica Federal de Sousa (EAFS), situada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, distrito de Sousa – PB, no vale do Rio Piranhas, à margem da BR-230, situada nas seguintes coordenadas geográficas: 6°50' de latitude Sul, 38°19' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e uma altitude média de 235 m acima do nível do mar. A estação experimental situa-se numa região de clima semi-árido, quente e seco, do tipo *Bsh* da classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (Nakata & Coelho, 1978; Coelho & Soncin, 1982), ou seja, a evaporação é superior à precipitação pluviométrica anual que é da ordem de 984 mm ano⁻¹, porém, concentrada no período compreendido entre janeiro a maio; a temperatura média anual é de 27°C, com máxima de 38°C e mínima de 12°C, enquanto que a umidade relativa média é de 64%. A duração desta etapa compreendeu o período de dezembro de 1999 a setembro de 2000.

3.3. Etapa I – Germinação, vigor e crescimento de mudas

3.3.1. Tratamento e delineamento estatístico

Os tratamentos consistiram de oito níveis de salinidade da água de irrigação, denominados de N₁ a N₈, em termos de condutividade elétrica, variando entre 1 e 8 dS m⁻¹ a 25°C, testando a germinação, o vigor e crescimento de mudas do maracujazeiro até 77 dias após a sementeira (DAS). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com doze repetições, totalizando 96 unidades experimentais.

3.3.2. Material de solo

O material de solo utilizado para o preparo do substrato e para o enchimento dos vasos da Etapa I foi composto de 3 partes de solo de classe Latossolo, procedente de

Nova Floresta –PB, com pH 5,4, região produtora de maracujá no Estado, de textura franco arenosa + 1 parte de húmus de minhoca, com base em peso.

3.3.3. Preparo das águas de irrigação

No preparo das águas de irrigação foi utilizada a seguinte relação entre CE_a ($dS\ m^{-1}$) e concentração ($mmol_c\ L^{-1}$), extraída de Rhoades *et al.* (1992).

$$mmol_c\ L^{-1} = 10CE_a \dots\dots\dots (Eq. 5)$$

As águas de irrigação foram preparadas a partir dos sais NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, tomando-se como base a água fornecida pelo sistema de abastecimento de Campina Grande – PB (CAGEPA), proveniente do açude público Epitácio Pessoa (açude de Boqueirão), devidamente diluída com água destilada e acrescida dos sais de acordo com os tratamentos. A quantidade de cada componente utilizado no preparo das águas de irrigação (NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, água do sistema de abastecimento e água destilada) foi determinada de forma a se obter a CE_a do respectivo tratamento, mantendo a proporção equivalente 7:2:1 para Na:Ca:Mg, respectivamente. Para tanto, foram levadas em consideração as quantidades desses elementos existentes na água do sistema de abastecimento. A diluição com água destilada, específica para os devidos tratamentos, foi necessária para que se conseguisse a proporção desejada entre Na:Ca:Mg. A escolha destes sais e as proporções usadas basearam-se em resultados obtidos por Leprun (1983) e Medeiros (1992), sendo uma aproximação bastante representativa da maioria das fontes de água localizadas nos Estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte.

Os resultados das análises químicas da água do sistema de abastecimento, realizadas conforme as metodologias descritas por Richards (1954), estão apresentados na Tabela 9; e as quantidades de cada componente das águas de irrigação utilizadas na Etapas I constam na Tabela 10.

Tabela 9. Análise química* da água do sistema de abastecimento de Campina Grande – PB (CAGEPA).

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Valor
Potencial Hidrogênio	pH	-	7,75
Condutividade elétrica	CEa	dS m ⁻¹	1,14
Sódio	Na ⁺	mmol _c L ⁻¹	6,67
Potássio	K ⁺	mmol _c L ⁻¹	0,20
Cálcio	Ca ⁺⁺	mmol _c L ⁻¹	2,38
Magnésio	Mg ⁺⁺	mmol _c L ⁻¹	3,28
Carbonato	CO ₃ ⁻	mmol _c L ⁻¹	0,00
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	mmol _c L ⁻¹	2,23
Cloreto	Cl ⁻	mmol _c L ⁻¹	8,71
Sulfato	SO ₄ ⁻	mmol _c L ⁻¹	Ausente
Relação de adsorção de sódio	RAS	(mmol L ⁻¹) ^{1/2}	3,98

* Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola (UFPB-CG).

Tabela 10. Teores de sais e água utilizados no preparo das águas de irrigação**.

	CE _a (dS m ⁻¹)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Diluição da água de Boqueirão com água destilada	4	2	2	-	-	-	-	-
Quantidade de sais na água da CAGEPA usada para preparação								
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	1,67	3,34	3,34	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	0,59	1,19	1,19	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	0,82	1,64	1,64	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28
Quantidade de sais requerido na água de irrigação								
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	7	14	21	28	35	42	49	56
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	2	4	6	8	10	12	14	16
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	1	2	3	4	5	6	7	8
Volume (mL) de solução 1 N de sais, água da CAGEPA e água destilada para 1 L de água								
NaCl 1N	5,33	10,67	17,67	21,33	28,33	35,33	42,33	49,33
CaCl ₂ 2H ₂ O 1N	1,41	2,81	4,81	5,62	7,62	9,62	11,62	13,62
MgCl ₂ 6H ₂ O 1N	0,18	0,36	1,36	0,72	1,72	2,92	3,72	4,72
Q ^{ndade} de água da CAGEPA (mL)	744,81	493,08	488,08	972,33	962,33	952,33	942,33	932,33
Quantidade de água destilada (mL)	248,27	493,08	488,08	-	-	-	-	-

** No Apêndice 1, consta a seqüência de cálculos utilizada no preparo das águas salinizadas

3.3.4. Instalação e condução

Nesse estudo, foram utilizados vasos plásticos, com 10 cm de diâmetro e 25 cm de altura, tendo furos na parte inferior para permitir a livre drenagem. Os recipientes foram preenchidos com 1,9 kg de substrato desinfectado. Após o substrato previamente irrigado com a respectiva água de cada tratamento, fez-se o plantio semeando-se 10 sementes de forma eqüidistante por vaso, a uma profundidade de 1,0 cm, conforme recomendação de Silva (2000).

As irrigações subsequentes foram realizadas em dias alternados com as respectivas águas de cada tratamento, sendo o volume calculado em função da demanda evapotranspiratória e visando proporcionar cerca de 40% de lixiviação; a evapotranspiração (consumo de água) foi determinada pela diferença entre o volume de água aplicado e o drenado na última irrigação. O volume de água, a ser aplicado, foi calculado com base no volume evapotranspirado, dividindo por “0,6”, de maneira a restabelecer a umidade à capacidade de campo e se obter a fração de lixiviação desejada (Eq. 6). O controle da drenagem foi feito uma vez por dia, sendo que, até 32 dias após semeadura (DAS), os vasos de cada tratamento ficavam dentro de bandejas plásticas, distribuídos espacialmente ao acaso, onde se coletava o volume drenado composto de seis repetições (vasos) de um mesmo tratamento. A partir dos 32 DAS, o sistema de coleta de drenagem passou a ser individual, sendo acoplado um recipiente coletor na base de cada vaso. Conhecendo-se o volume de água aplicado e drenado por tratamento, bem como sua condutividade elétrica, foi feito o balanço de sais e de água no solo, o que permitiu, também, a obtenção da evapotranspiração (ET) das plantas, durante o período (Foto 1 – Apêndice 4).

$$VI = \frac{(VA - VD)}{(1 - 0,4)} \text{ (mL)} \dots\dots\dots \text{Eq. 6}$$

Onde:

- VI – Volume de água a ser aplicada na irrigação
- VA – Volume de água aplicado na irrigação anterior
- VD – Volume de água drenado no dia anterior

Aos 16 DAS, foi realizado o primeiro desbaste, deixando-se apenas as duas plantas mais vigorosas por vaso e, aos 32 DAS, efetuou-se o segundo desbaste, quando se eliminou mais uma planta. Para minimizar o efeito da variação ambiental, foi realizado, quinzenalmente, por meio de sorteio dos tratamentos, o deslocamento dos vasos.

A partir de 46 DAS houve, em dias alternados, aplicação do adubo solúvel NPK Poly-Feed (19:19:19 – fabricado pela empresa Haifa Chemical Ltda), na base de 10 mL por vaso de uma solução contendo 4,5 g do produto por litro. Além de NPK, o adubo contém os micronutrientes Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, nas respectivas concentrações

de 1000, 500, 200, 150, 110 e 70 ppm, afim de que as plantas tivessem níveis satisfatórios de crescimento.

3.3.5. Variáveis analisadas

3.3.5.1. Germinação

Foram consideradas germinadas as plântulas que emergiam na superfície dos vasos, sendo avaliados o número de sementes germinadas em relação ao número de sementes plantadas (percentagem – PG). Para a avaliação do PG, utilizou-se as 12 repetições, sendo a primeira contagem realizada aos 11 DAS e a segunda aos 16 DAS.

3.3.5.2. Fitomassa

Aos 16, 32 e 77 DAS, foram coletadas plantas para determinação da fitomassa seca de raízes (FSR), da parte aérea (FSPA) e total (FST). Para avaliação da fitomassa seca da parte aérea (FSPA), as plântulas/plantas foram cortadas ao nível da superfície do solo. As raízes foram devidamente separadas do substrato por meio de lavagens. Depois de coletadas, as fitomassas aérea e radicular foram postas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) até peso constante, sendo o material pesado em balança de precisão de 0,01 mg, obtendo-se a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e fitomassa seca das raízes (FSR). Em seguida, se obteve a fitomassa seca total (FST) de cada planta.

3.3.5.3. Relação raiz / parte aérea (R/PA)

A relação raiz / parte aérea (R/PA) foi obtida, em cada avaliação (aos 16, 32 e 77 DAS), pelo quociente entre a fitomassa seca das raízes e a fitomassa seca da parte aérea da planta, segundo a equação extraída de Magalhães (1979):

$$R/PA = \frac{FSR}{FSPA} \dots\dots\dots (Eq. 7)$$

onde:

FSR – fitomassa seca do sistema radicular no tempo t;

FSPA – fitomassa seca da parte aérea no tempo t.

3.3.5.4. Altura de planta (AP) e número de folhas (NF)

Aos 32 e 77 DAS, foi obtida a altura das plantas, mensurada da inserção dos cotilédones até a base da folha mais jovem. Na contagem das folhas, foram consideradas as que apresentavam comprimento mínimo de 1,5 cm, ou seja, quando estava totalmente formada (Foto 3 – Apêndice 4).

3.3.5.5. Área foliar (AF)

A área foliar é uma das mais importantes variáveis diretamente relacionada com os processos fisiológicos das plantas em geral (Alvin, 1962).

Aos 77 DAS, estimou-se a área foliar, determinando-se inicialmente o fator “f”, a partir de amostras de discos retirados de várias partes da folha, alguns abrangendo a nervura principal, por meio de um perfurador de folhas (cilindro) de 0,9 cm de diâmetro; em base da relação do produto do peso de matéria seca dos discos e área conhecida de discos retirados de todas as folhas, dividido pelo produto entre o comprimento e a maior largura da folha para cada planta, Eq. 8.

$$f = \frac{\text{área do disco (cilindro)} \times \text{n}^{\circ} \text{ de discos}}{\text{média do peso seco total dos discos}} \times \frac{\text{Peso seco total das folhas}}{(\text{maior comprimento} \times \text{maior largura}) \text{ das folhas}} \dots\dots\dots (Eq. 8)$$

onde:

f – fator de ajuste

Sabendo-se o fator de ajuste “f” (0,8074), foi calculada a área foliar (AF) multiplicando-se o comprimento da folha pela sua largura máxima e o fator de ajuste “f”, Eq. 9.

$$AF = (C \times L) \times f \dots\dots\dots (Eq. 9)$$

em que:

C – comprimento da folha (cm);

L – largura máxima da folha (cm);

3.3.5.6. Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi determinada com os dados obtidos de fitomassa seca a partir da relação entre a diferença de peso da fitomassa seca observada nos tempos t_1 e t_2 , isto é, aos 16 e 32 DAS, e aos 33 e 77 DAS, conforme o modelo a seguir, apresentado por Benincasa (1988):

$$TCA = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \text{ (mg dia}^{-1}\text{)} \dots\dots\dots (Eq. 10)$$

onde:

P_1 – peso da fitomassa seca no tempo t_1 (mg);

P_2 – peso da fitomassa seca total no tempo t_2 (mg).

3.3.5.7. Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada para o período de 16 a 32 DAS por meio da relação entre a taxa de crescimento absoluto e a fitomassa seca total, conforme a equação a seguir, contida em Medeiros et al. (1990):

$$TCR = \frac{TCA}{FST} \text{ (mg mg}^{-1}\text{ dia}^{-1}\text{)} \dots\dots\dots (Eq. 11)$$

sendo:

TCA – taxa de crescimento absoluto no tempo t (mg dia⁻¹);

FST – fitomassa seca total no tempo t_1 (mg).

3.3.5.8. Razão de área foliar (RAF)

A partir dos dados de área foliar e fitomassa seca, obtidos aos 77 DAS, determinou-se a RAF, através da relação entre a área foliar e a fitomassa seca total, de acordo com a equação contida em Ferri (1985), a seguir:

$$RAF = \frac{AF}{FST} (\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}) \dots\dots\dots (\text{Eq. 12})$$

em que:

AF – área foliar no tempo t (cm²);

FST – fitomassa seca total no tempo t (g).

3.3.5.9. Teor de água das folhas (TAF)

Com os dados de fitomassa fresca e de fitomassa seca da parte aérea aos 77 DAS, o estado hídrico da planta foi determinado, obtendo-se o teor de água das folhas (TAF), por diferença entre o peso fresco e o peso seco das folhas, expresso como percentagem do peso fresco. Na obtenção do peso fresco, as folhas foram destacadas da planta e imediatamente pesadas em balança de precisão de 0,01 mg. Assim, o TAF foi calculado de acordo com a equação descrita por Cairo (1995):

$$TAF = \frac{FFf - FSf}{FFf} \times 100 \dots\dots\dots (\text{Eq. 13})$$

em que:

FFf – fitomassa fresca das folhas no tempo t (g);

FSf – fitomassa seca das folhas no tempo t (g).

3.3.5.10. Teor de sódio, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas folhas e raízes

A análise de composição mineral das folhas e das raízes foi realizada para o período de 77 DAS, coletando-se folhas e raízes de todos os tratamentos, lavando-se

previamente o material com água destilada e secando-se, em seguida, em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). Utilizando-se de metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), analisaram-se o teor de sódio (Na), o de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e enxofre (S), sendo o Na e o K determinados por fotometria de chama e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica no extrato ácido perclórico nítrico.

3.3.5.11. Análise do material de solo

Para a realização das análises químicas em laboratório, compreendendo os períodos 32 e 77 DAS, foram coletadas amostras de material de solo em cada vaso aos 32 e 77 DAS. As amostras de solo (cerca de $\cong 1,0$ kg) foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm e analisadas para determinação dos seguintes parâmetros: pH_{ps} (pH da pasta saturada), CE_{es} (condutividade elétrica do extrato de saturação) a 25° C, cátions (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ e Na⁺) e ânions (Cl⁻, CO₃⁻ e HCO₃⁻) no extrato, relação de adsorção de sódio (RAS) de acordo com a metodologia de Richards (1954) e EMBRAPA (1997).

3.3.5.12. Consumo de água pela planta (evapotranspiração real – ETr)

A ETr foi calculada a partir do balanço hídrico em dois períodos distintos, 0 a 32 e 33 a 77 DAS, considerando-se ter sido o experimento conduzido em casa de vegetação:

$$VI = ETr + VD \dots \dots \dots \text{(Eq. 14)}$$

VI – volume irrigado (mL);

VD – volume drenado (mL).

A evapotranspiração real (ETr) foi calculada empregando-se a seguinte equação:

$$ETr = \frac{VI - VD}{S} \dots \dots \dots \text{(Eq. 16)}$$

onde:

S = área do vaso.

3.3.5.13. Análise estatística

Para análises dos dados de percentagem de germinação, considerou-se um delineamento inteiramente casualizado com oito níveis de salinidade da água de irrigação e doze repetições, sendo cada repetição representada por dez sementes. Os testes de vigor, foram realizados em 3 épocas distintas, no 16^o, 32^o e 77^o DAS, sendo aos 16 e 32 DAS representada por duas repetições e aos 77 DAS com quatro repetições.

Os dados foram interpretados por meio da análise de variância simples e teste “F” e regressão. O fator salinidade, por ser quantitativo (níveis crescentes), foi submetido ao estudo de regressão polinomial (linear e quadrática) e o fator ‘época de avaliação’ (qualitativo), foi avaliado por comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade (Gomes, 1982; Ferreira, 1996; Santos et al., 1998).

Devido à ausência de normalidade dos dados e por que as variâncias das diferentes amostras não foram estatisticamente homogêneas, optou-se por transformar os dados da variável AP em \sqrt{AP} , sendo esta transformação a que melhor se adequou e validou a análise de variância, como também, apresentou uma maior normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias dos respectivos tratamentos (Ferreira, 1996).

3.4. Etapa II – Crescimento, desenvolvimento e produção do maracujazeiro amarelo em condições de casa de vegetação.

3.4.1. Tratamentos e delineamento estatístico

Foram testados cinco níveis de salinidade da água de irrigação em mudas de maracujazeiro proveniente da Etapa I, produzidas com água do mesmo nível de salinidade dos respectivos tratamentos, do transplantio à colheita.

Os tratamentos consistiram de cinco níveis de salinidade, denominados de N₁ a N₅, em termos de condutividade elétrica da água de irrigação, variando entre 1 e 5 dS m⁻¹ a 25°C. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental consistiu de um vaso.

3.4.2. Solo utilizado

Utilizou-se de um material de solo de classe argilosa, classificado anteriormente como Podzólico, franco arenoso, não salino e não sódico (EMBRAPA, 1999), cujas características químicas, obtidas, de acordo com as metodologias propostas por Richards (1954), se encontram no Apêndice 2.

3.4.3. Preparo das águas de irrigação

As águas de irrigação foram preparadas seguindo-se a mesma metodologia descrita na Etapa I (Item 3.3.3), diferindo apenas os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação que nesta etapa variaram de 1 a 5 dS m⁻¹.

3.4.4. Recipientes

O experimento foi montado em vasos, com altura de 54 cm e uma superfície com área de 1256,64 cm². Em cada vaso, foram feitos dois furos na parte inferior com ½” de diâmetro, para instalação de conexões do sistema de drenagem, interligados a um recipiente externo (2,5 L de capacidade) para coleta da água lixiviada. No fundo de cada vaso, foi colocada uma camada de 2,0 cm de espessura de brita zero. Na Figura 1 está uma visão geral do vaso.

Os vasos foram posicionados em fileiras duplas, em espaçamento tipo quincôncio, sendo as plantas espaçadas na fileira por 2,5 m, como observado na Figura 2.

Em cada vaso, foram colocados, no sentido base – superfície, 57,0 kg de material de solo, citado no item 3.4.2., correspondendo a uma coluna de 47 cm, devidamente destorroado e homogeneizado. Deixou-se um espaço livre de 5 cm na borda superior para contenção da água de irrigação. Fez-se adubação orgânica nos 15 cm da parte superior do material de solo, adicionando-se húmus de minhoca em quantidade suficiente para elevar o teor de matéria orgânica (MO) de 6 para 30 g kg⁻¹ (um terço, com base em volume); em seguida, realizou-se desinfecção e desinfestação deste solo com brometo de metila, na dose recomendada pelo fabricante, ou seja, 150 mL do produto por m³ de solo, com um período de tratamento de uma semana.

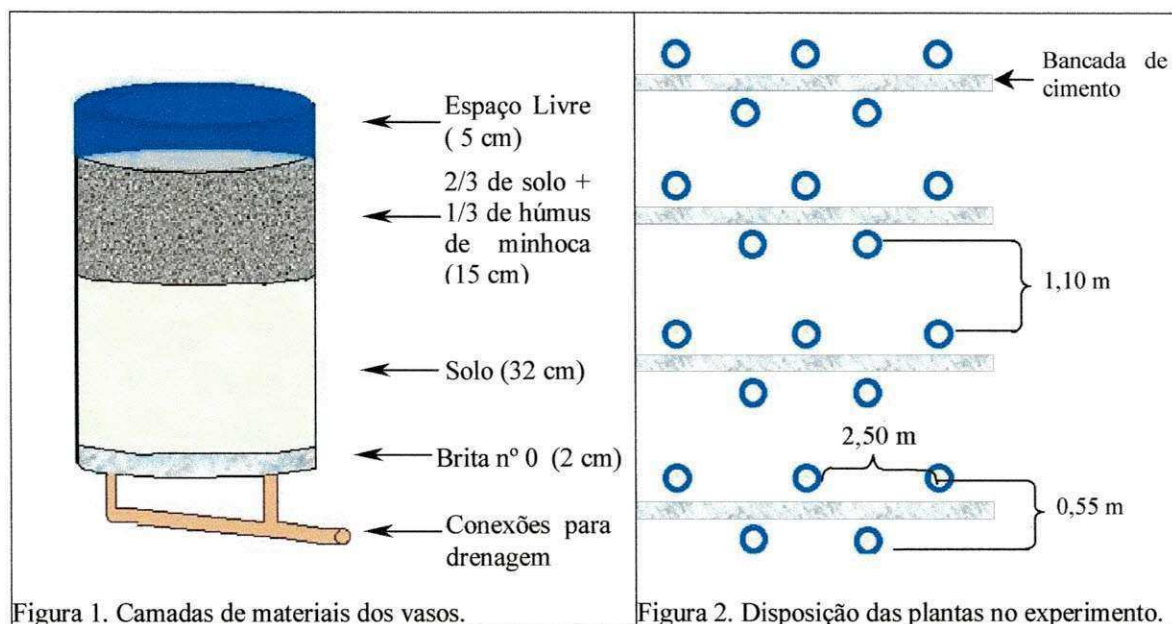


Figura 1. Camadas de materiais dos vasos.

Figura 2. Disposição das plantas no experimento.

3.4.5. Transplântio

Um dia antes do transplântio, realizou-se uma lavagem do material contido nos vasos, utilizando-se de 10 L das respectiva água de irrigações de cada tratamento.

O transplântio das mudas com idade de 78 dias (provenientes do Experimento I) foi efetuado no dia 11 de março de 2000. Em cada vaso foi transplântado uma muda produzida com a respectiva água de irrigação.

3.4.6. Irrigações e controle da drenagem

As irrigações foram efetuadas a cada três dias, ao final da tarde, e cada tratamento tinha um volume de irrigação próprio, corrigido a cada irrigação em função do percentual de água drenado na irrigação anterior, de forma a se obter 20% de lixiviação e corrigir o aumento da demanda de água, devido ao crescimento das plantas. Assim, o volume de irrigação era calculado com base no volume evapotranspirado da irrigação anterior, dividido pelo fator 0,8, de forma a restabelecer a umidade do solo à capacidade de campo e se obter um volume médio de drenagem de aproximadamente 20%.

A água de drenagem era coletada na manhã do dia seguinte à irrigação, medindo-se o volume e a condutividade elétrica (CE_{ad}) com auxílio de um condutivímetro portátil, com correção de temperatura para 25°C.

3.4.7. Condução e manejo da cultura

No experimento, foi utilizado o sistema de condução tipo espaldeira ou cortina, sustentado por um fio galvanizado de número 10, a uma altura de 2,0 m da superfície do vasos (nível do solo). Optou-se por este tipo de condução por ser o mais recomendado para o maracujá azedo, conforme Ruggiero et al., 1998 (Foto 4 – Apêndice 4).

Após o transplântio, realizou-se desbaste das brotações que surgiram nas mudas de forma a conduzir somente um ramo, sendo este amarrado a um tutor até a haste principal alcançar o fio de arame (2,0 m). Ao ser atingido esse nível, houve despona da gema terminal deixando-se desenvolver as duas brotações oriundas da haste, mais próximas do fio, para se constituírem nos dois ramos secundários a se estenderem à esquerda e à direita. Esses dois ramos secundários também foram podados ao atingir 1,25 m de cada lado dando origem aos ramos terciários (ramos produtivos). Os ramos produtivos formaram uma cortina de ramos pendurados ao longo da espaldeira, sendo também podados a 0,20 m da superfície do vaso.

3.4.8. Controle das ervas daninhas e fitossanitário

Por apresentar um sistema radicular superficial, o controle de ervas daninhas foi realizado manualmente, tão logo surgiam. Foi muito reduzida a incidência de ervas, devido o substrato ter passado por tratamento com brometo de metila.

Como controle preventivo contra a mosca minadora (*Liriomyza spp*) e a mosca do fruto (*Anastrepha pseudoparella*), realizaram-se seis aplicações, aos 19, 54, 89, 120, 159 e 172 dias após o transplântio (DAT), de solução composta dos inseticidas Lebaycid 500 e Trigard 750, em doses recomendadas pelos fabricantes.

3.4.9. Adubações

As adubações de cobertura foram realizadas um dia após a irrigação. As quantidades de adubos utilizados por vaso foram de 100 g de superfosfato simples, 85 g de uréia e 85 g de nitrato de potássio, além de adubação complementar com 30 g do adubo NPK (19:19:19) da Poly – Feed (já mencionado na Etapa I). As datas de adubação e suas respectivas quantidades estão descritas na Tabela 11.

Tabela 11. Adubações realizadas no experimento.

DAT	Superfosfato simples (g) *	Uréia (g) *	Nitrato de potássio (g) *	NPK **
9	30	20	–	–
17	–	–	–	10
50	20	–	20	–
76	5	20	20	20
170	5	5	5	–
179	5	5	5	–
186	5	5	5	–
194	5	5	5	–
201	5	5	5	–
239	5	5	5	–
245	5	5	5	–

* Adubo aplicado na forma de sólido, ** Adubo aplicado na forma de solução (dissolvido em água)

3.4.10. Polinização

Apesar de hermafrodita, a flor do maracujazeiro não se autofecunda, pois existe impedimento à autofecundação; por isso o maracujazeiro é uma planta de polinização cruzada, necessitando da presença de insetos polinizadores. Como o experimento foi conduzido em casa de vegetação, impossibilitando a polinização natural, empregou-se a polinização artificial cruzada.

A operação consistiu em sujar o ponta dos dedos com uma boa quantidade de pólen proveniente de diversas flores produzidas por plantas diferentes para, em seguida, dar um rápido toque com as pontas dos dedos em movimento ascendentes, em relação a base da flor, procurando atingir todos os estigmas (Ruggiero et al., 1998). A medida que polinizava uma flor, em movimento giratório, procurava-se tocar as anteras, para retirar o grão de pólen da flor referida. Esta operação foi realizada sempre a partir das 15 horas,

quando, o maior número de flores estavam abertas, bem como, com estiletes totalmente recurvados, facilitando assim o trabalho.

3.4.11. Colheita

A colheita foi iniciada aos 210 dias após o transplântio (DAT) das mudas. Os frutos foram colhidos a medida que atingiam o estágio de maturação, ainda ligados à planta, com um pecíolo de 2 – 3 cm, para se ter garantia de identificação da origem. Após a colheita, os frutos foram pesados em balança com precisão de 0,01 g.

3.4.12. Variáveis analisadas

O diâmetro do caule (DC), a 0,20 m do colo da planta, foi avaliado aos 35, 105, 134, 168 e 198 DAT. O crescimento da haste principal (HP) foi avaliado pelo número de dias gastos para a mesma atingir a altura de 2,0 m, quando então foi realizada a quebra da dominância apical. Para os ramos secundários (RS), foi observado, também, o número de dias gastos para alcançarem um comprimento de 1,25 m (cada um dos dois ramos). Avaliou-se, ainda, o número de ramos produtivos (NRP) aos 60, 92, 119 e 194 DAT.

Quanto à produção, foram avaliadas a produção total (PT) e comercial (PC), o número de frutos total (NFT) e comercial (NFC), peso médio do total de frutos (PMFT) e dos frutos comercial (PMFC), sendo considerado como fruto comercial aqueles com massa superior a 87 g (fruto tipo Extra), conforme a fonte do ITAL, citado por Ruggiero et al. (1998).

3.4.13. Análise do solo

Para realização das análises de salinidade do solo, foi retirada uma amostra em cada vaso nas camadas de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm, antes do transplântio, no início da colheita e no final do experimento. As análises constaram de pH da pasta de saturação, condutividade elétrica do extrato de saturação a 25°C, cátions (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+)

solúveis e trocáveis e ânions (Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^-) solúveis, de acordo com a metodologia proposta por Richards (1954).

3.4.14. Análise estatística

Os dados foram avaliados mediante aplicação de análise de variância e teste “F”. Para o fator “níveis de salinidade de água de irrigação”, realizou-se análise de regressão polinomial (linear e quadrática) e segmentada (modelo platô) conforme metodologias contidas em Gomes (1982), Ferreira (1996) e Santos *et al.* (1998).

Como as variâncias das diferentes amostras (níveis salinos) não foram estatisticamente homogêneas, os dados das variáveis NFT e NFC foram transformados em $\sqrt{x+1}$, transformação esta que melhor se adequou e validou a análise de variância, conforme Ferreira (1996).

3.5. Etapa III – Crescimento, desenvolvimento e produção do maracujazeiro amarelo em condições de campo

3.5.1. Tratamentos e delineamento estatístico

Foram estudados os efeitos de cinco níveis de salinidade da água de irrigação em plantas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.), produzidas sem estresse salino na Estação Experimental da EMEPA, transplantadas e irrigadas com água salina (irrigações suspensas no inverno) do transplântio à colheita.

Os tratamentos consistiram de cinco níveis de salinidade da água de irrigação em termos de condutividade elétrica, denominados de $N_1 = 0,2$ (água do açude local), $N_2 = 2,0$, $N_3 = 3,0$, $N_4 = 4,0$ e $N_5 = 5,0$ dS m^{-1} a 25°C , sobre crescimento e produção do maracujazeiro.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, constituindo-se a parcela de seis plantas, sendo três delas consideradas úteis.

3.5.2. Solo utilizado

Nesta etapa, o solo da área experimental pertence à classe Franco Arenoso, não salino e não sódico (EMBRAPA, 1999), cujas características químicas, determinadas conforme metodologias proposta por Richards (1954), se encontram no Apêndice 3.

3.5.3. Preparo das águas de irrigação

Para se obter a condutividade elétrica das águas utilizadas nas irrigações houve adição de NaCl, na água do açude local, sendo a quantidade de NaCl (Q^{ld} de NaCl) determinadas utilizando a seguinte fórmula empírica citada por Richards (1954):

$$Q^{ld} \text{ de Na Cl (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times CE_a \dots\dots\dots \text{(Eq 16)}$$

em que:

CE_a – condutividade elétrica da água desejada, em $dS \text{ m}^{-1}$.

3.5.4. Preparo do terreno e das covas

As metodologias para determinação das características químicas do material de solo utilizado foram mencionados no item 3.5.2. O terreno destinado ao plantio foi arado a uma profundidade de 0,30 m, em sentido cruzado e gradeado. No sistema de drenagem, foi realizada limpeza, bem como aprofundamento do dreno até 1,50 m, com a finalidade de desobstruir o percurso da água drenada, eliminando o excesso de umidade do solo e também, proporcionar um balanço ou equilíbrio favorável de sais no solo.

A instalação das espaldeiras consistiu de fileiras de estacas verticais de 0,15 m de diâmetro sustentando um fio de arame galvanizado nº 10, a 1,80 m do solo, fíncadas firmes no solo a uma profundidade de 0,60 m e nas distâncias de 6,0 m de uma estaca a outra na mesma linha e de 2,5 m entre linhas (Foto 5 – Apêndice 4). Nas extremidades de cada linha (fileira), foram colocadas mourões com 0,20 m de diâmetro, enterrados a uma profundidade de 0,80 m, para dar maior firmeza à linha; esse mourões foram firmados no lugar com escoras (mão francesa). As extremidades dos fios de arame nas cabeceiras foram presas a esticadores de 0,70 m de comprimento e 0.15 m de diâmetro,

fincados no solo, em posição inclinada aos mourões de cabeceiras, a uma profundidade de 0,50 m, para suportar melhor o peso da massa vegetativa do maracujazeiro.

As covas foram preparadas com as dimensões de 0,50 x 0,50 x 0,50 m (largura/comprimento/profundidade) conforme recomendações de Teixeira (1994), espaçadas por 3,0 m na linha (fileira) e 2,5 m entre linhas de plantas. Misturou-se bem a camada superior do solo, retirado da cova, com 5 L de esterco bovino bem curtido. Com a parte restante do solo retirado da cova, fez-se uma bacia em torno da cova com cerca de 0,60 m de diâmetro.

3.5.5. Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento, composto de cinco unidades independentes de acordo com o nível de salidade, uma para cada tratamento.

As irrigações foram feitas diariamente, ao final da tarde, e as lâminas foram dimensionadas através de dados de evaporação de Tanque Classe A, obtidos nos últimos vinte anos (históricos), utilizando-se de correções mediante o coeficiente do Tanque ($K_p = 0,5$), da cultura ($K_c = 0,80$) e de sombreamento ($K_s = 0,19$ até 180 DAT e 0,30 após 181 DAT).

Como o transplante coincidiu com o início do período das chuvas, as irrigações regulares com os respectivos tratamentos só foram iniciadas em junho de 2000 (aos 180 dias após o transplante – DAT), quando as plantas se encontravam em estágio de pré-floração.

3.5.6. Transplante

O transplante das mudas, com idade de 80 dias, foi efetuado em dezembro de 1999, com uma altura de 0,30 m, onde abriu-se uma cavidade bem no centro das covas para comportar o torrão, retirando-se a embalagem plástica com uma tesoura de poda, com cuidado para não prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular da planta. As mudas foram irrigadas um dia antes do transplante.

3.5.7. Adubação

A adubação NPK foi baseada em recomendação de Teixeira (1994), com 480 g/pé de N, 320 g/pé de P_2O_5 e 720 g/pé de K_2O , aplicados de duas vezes, sendo realizada a primeira aplicação após cessarem as chuvas, aos 180 dias após o transplântio (DAT) e a segunda aos 240 DAT.

3.5.8. Condução e manejo da cultura.

O sistema de condução e manejo das plantas foi o mesmo descrito para a Etapa II (item 3.4.7.), salvo a altura da cortina que foi de 1,80 m.

3.5.9. Controle fitossanitário

O controle fitossanitário foi de caráter preventivo, aplicando-se pulverizações de uma solução de Cobox, adicionando Nuvacron, a cada 30 dias.

3.5.10. Polinização

Igualmente ao acontecido na Etapa II, foram realizadas polinizações artificiais cruzadas, contudo, por se tratar de condições de campo e por não se ter isolado as flores, provavelmente tenha ocorrido, também, polinização natural. A metodologia de polinização foi idêntica à citada na Etapa II (item 3.4.10.).

3.5.11. Colheita

A colheita foi iniciada em julho de 2000, aos 207 DAT, estendendo-se até setembro de 2000. O critério de colheita adotado nesta etapa foi semelhante ao da Etapa II (item 3.4.11.).

3.5.12. Variáveis estudadas

Houve avaliação de diâmetro do caule (DC), a 0,20 m do colo da planta, aos 228 DAT; a haste principal (HP) foi avaliada através do número de dias gastos para a haste principal da planta atingir a altura de 1,80 m, quando então foi realizado o desponete para a quebra da dominância apical. Para os ramos secundários (RS), foi observado também o número de dias gastos para alcançarem um comprimento de 1,25 m (cada um dos dois ramos).

Quanto à produção, avaliou-se a produção total em peso de frutos (PT), produção de frutos classificados como comercial (PC), número total de frutos (NFT) e comercial (NFC), peso médio do total de frutos (PMFT) e peso médio dos frutos comerciais (PMFC), sendo considerado como fruto comercial aqueles com massa superior a 87 g (fruto tipo Extra), conforme a fonte do ITAL, citado por Ruggiero et al. (1998).

3.5.13. Análise do solo

Para avaliação dos efeitos da salinidade sobre o solo, foi retirada uma amostra na camada 0 a 0,40 m, no transplântio (dezembro de 1999) e no final do experimento (setembro de 2000). As análises constaram de pH da pasta de saturação, condutividade elétrica do extrato de saturação a 25°C, cátions solúveis e trocáveis (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+) e ânions solúveis (Cl^- , CO_3^{-2} , HCO_3^-), de acordo com metodologias propostas por Richards (1954) e EMBRAPA (1997).

3.5.14. Análise estatística

Os efeitos dos diferentes níveis de salinidade de água de irrigação sobre o crescimento e produção do maracujazeiro foram avaliados mediante o teste "F" e análise de regressão polinomial (Ferreira, 1996).

Devido à ausência de normalidade dos dados e por que as variâncias das diferentes amostras não foram estatisticamente homogêneas, optou-se por transformar os dados das variáveis NFT, NFC, PMFT, PMFC, PT e PC em \sqrt{x} , sendo esta transformação

a que melhor se adequou e validou a análise de variância, como também, apresentou uma maior normalidade dos dados, homogeneidade das variâncias e um CV menor que os dados originais dos respectivos tratamentos (Ferreira, 1996).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ETAPA I

4.1.1. Percentual de germinação (PG)

Pelos dados da análise de variância (Tabela 12), observa-se efeito significativo ao nível de 0,01 de probabilidade, da salinidade da água de irrigação nas duas épocas de avaliação. Segundo os estudos de regressão, os dados ajustaram-se melhor ao modelo quadrático ($p \leq 0,01$) para ambas as épocas de observação (11^o e 16^o DAS), com coeficiente de determinação superior a 0,88.

Segundo Uhvits (1946) e Prisco & O'Leary (1970), a ocorrência excessiva de sais solúveis no solo acarreta redução do potencial osmótico e, como consequência, redução do gradiente de potencial entre o solo e a semente, dificultando o processo de embebição. Este fato foi comprovado neste experimento, pois tomando-se como base o estudo de regressão (Tabela 12), deduz-se que a redução no potencial osmótico (Ψ_o) da solução do solo, provocada pela salinidade da água, afetou negativamente o processo de embebição das sementes de maracujá e que esse efeito foi mais marcante no 11 DAS, recuperando-se na segunda avaliação, realizada aos 16 DAS. De acordo com a equação obtida, aos 11 DAS, o percentual de germinação decresceu bruscamente com o incremento da CE_a , ocorrendo decréscimo na germinação de 41,2 % em N_5 e 90,6 % em N_8 , em relação a N_1 , enquanto, aos 16 DAS só houve decréscimo relativo do PG a partir da CE_a superior a 4,43 dS m⁻¹ (Figura 3).

Conforme a análise de regressão (Tabela 12), o decréscimo relativo ocasionado pelo nível mais alto de CE_a (N_8), aos 16 DAS, foi semelhante ao ocorrido no

nível N_5 , aos 11 DAS; verificando-se o maior efeito da salinidade se deu em prolongar o período de germinação, em média por cinco dias, com um acréscimo de germinação nesse período (5 dias) de 39,16% no nível mais alto (N_8) e de 10,84% em N_1 . Com base na equação de 16 DAS (Figura 3), a CE_a de até $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou mais de 80% da germinação ocorrida no nível mais baixo de salinidade e no nível N_8 a percentagem de germinação, relativa a N_1 , foi superior a 50%. Embora não registrados, verificou-se germinação de sementes até 24 DAS nos tratamentos mais salinos, denotando tolerância do maracujá à salinidade nesta fase.

Após analisarem os efeitos da salinidade da água de irrigação, Miguel et al. (1997) verificaram não ser afetada a germinação das sementes do maracujá amarelo pela salinidade da água com CE_a igual a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$.

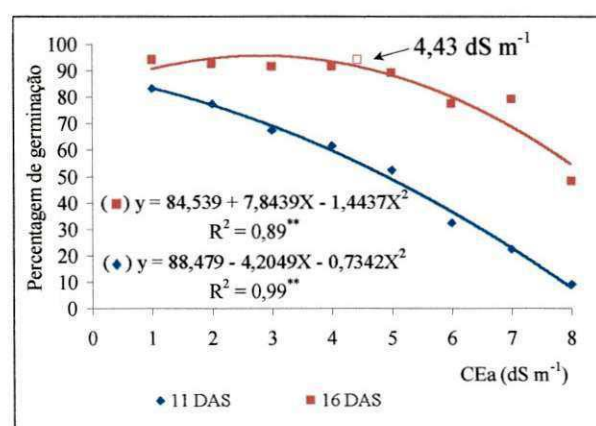


Figura 3. Percentagem de germinação em função da salinidade da água de irrigação aos 11 e 16 dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro amarelo.

Tabela 12. Resumo da análise de variância ANOVA e médias para percentagem de germinação (PG) do maracujazeiro nas duas épocas de avaliação, aos 11 e 16 dias após a semeadura (DAS) em diferentes níveis de salinidade de água de irrigação (CE_a).

Causa de variação	Valores de quadrado médio	
	11 DAS	16 DAS
Nível salino (N)	78,97**	12,76**
Reg. Pol. Linear	490,03**	57,19**
Reg. Pol. Quadr.	54,91**	21,23**
Desv. Reg.	1,54 ^{ns}	2,18 ^{ns}
Resíduo	2,31	1,16
CV (%)	23,19	11,95

Nível salino (N)	Valores médios	
	%	%
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	83,33	94,17
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	77,50	92,50
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	67,50	91,67
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	61,67	91,67
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	52,50	89,17
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	32,50	77,50
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	22,50	79,17
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	9,17	48,33
dms	20,42	19,83

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$).

4.1.2. Avaliação de vigor e crescimento de mudas

4.1.2.1. Número de folhas (NF), altura de plantas (AP) e área foliar (AF)

Número de folhas (NF)

Pelos dados da Tabela 13 vê-se ter sido interativo o efeito dos fatores N (níveis de salinidade) e T (épocas de avaliação), significando que para a variável número de folhas, o efeito da salinidade variou entre as três épocas de avaliação. Estas observações são melhor visualizadas por intermédio da Figura 4a, que contém as curvas de regressões e os modelos matemáticos relacionados ao número de folhas.

Com base nos estudos de regressão (Tabela 13), observa-se que o número de folhas, diminuiu significativamente com o aumento da salinidade, sendo quadrático o efeito aos 16 e 32 DAS e linear aos 77 DAS (Tabela 14); o número de folhas variou também, entre o 16^º, 32^º e 77^º DAS, conforme comparação de médias, pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade (Tabela 13).

Conforme o desdobramento do fator T, em cada nível de N, verifica-se que as condições de estresse salino impostas ao maracujazeiro (Tabela 14), resultou em

progressivas reduções do número de folhas a partir de N₂ (T₁ e T₃) e N₄ (T₂). Com base nas médias observadas (Tabela 13), ocorreram os seguintes decréscimos dessa variável entre N₂ e os níveis mais salinos, 10,64, 11,67, 22,05, 30,13, 27,05 e 43,21 %. Na mesma tabela, verifica-se que o número de folhas em T₃ foi 4,86 vezes maior do que em T₁ e 2,18 vezes maior do que em T₂, denotando-se que os efeitos da salinidade variaram com a época.

De acordo com as equações obtidas do número de folhas (Figura 4a), foram constatadas reduções acima de N₁, de 8,72, 15,22, 19,51, 21,58, 21,42, 19,05 e 14,46% em T₁, para os respectivos tratamentos N₂, N₃, N₄, N₅, N₆, N₇ e N₈, enquanto que em T₂, houve decréscimo do número de folhas, comparado com N₁, apenas quando a condutividade elétrica da água de irrigação excedeu 4,73 dS m⁻¹, sendo de apenas 21,3 % a redução relativa ocorrida no nível mais alto de CE_a estudado (N₈); em T₃ denotou-se intensificação dos efeitos deletérios da salinidade com o passar do tempo, acumulando decréscimo relativo acima de 50% em N₈, quando comparado com N₁, valor mais de duas vezes superior ao ocorrido aos 32 DAS com água de mesma CE_a. Santos (1999), estudando os efeitos de salinidade da água de irrigação sobre o comportamento inicial das mudas de duas cultivares de maracujazeiro, observou uma redução do número de folhas de até 45% quando irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, fato constatado neste trabalho aos 77 DAS quando irrigadas com água de 8,0 dS m⁻¹.

Segundo a literatura, em condições de deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico (seca fisiológica), é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como medida de manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; dentre as mudanças morfológicas, destacam-se a redução do tamanho e do número de folhas (Maas & Nieman, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1984 e 1989).

Altura de plantas (AP)

Analisando-se os resultados estatísticos apresentados na Tabela 13, verifica-se que a salinidade (N) afetou significativamente ($p < 0,01$) a altura das plantas, aos 16, 32 e 77 DAS; na mesma Tabela, verifica-se, ainda, ter havido efeito interativo dos fatores (N x T) com a salinidade afetando a altura das plantas, ao nível de 0,01 de probabilidade. Conforme os estudos de regressão, o efeito foi linear (Figura 4b). As análises foram efetuadas com base nos dados transformados em \sqrt{AP} , visto não haver normalidade em sua

distribuição e devido à ausência de homogeneidade das variâncias dos respectivos tratamentos (Ferreira, 1996).

Segundo as equações obtidas (Figura 4b), os decréscimos relativos de altura de planta, aos 16, 32 e 77 DAS, de N_8 comparados a N_1 foram de 24,35, 28,55 e 75,50%, respectivamente. Em termos de dados originais ocorreu decréscimo de 42,29, 49,09 e 104,64% aos 16, 32 e 77 DAS, respectivamente. Verifica-se, ainda, de acordo com os modelos matemáticos, que as taxas de decréscimo relativo de AP, por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a), foram de 3,48, 4,08 e 10,79 para 16, 32 e 77 DAS, respectivamente, e de 6,04, 7,01 e 14,95% para os dados originais, confirmando a influência negativa da salinidade sobre a altura de planta com o aumento do tempo de cultivo, uma vez que esta variável foi mais sensível aos 77 DAS do que aos 16 e 32 DAS. Santos (1999), estudando a produção e qualidade de mudas de maracujazeiro irrigadas com água salina, verificou também retardamento do crescimento em altura das plantas de 69,37% com água de 6,0 dS m^{-1} .

Observando-se a Tabela 13, verifica-se que a altura média de planta em T_3 foi 2,34 vezes maior que em T_1 e 2,27 vezes maior que em T_2 , variando os efeitos da salinidade com a época. Com base nas alturas médias obtidas (Tabela 15), foram constatadas as seguintes reduções (comparadas a N_1), 2,33 e 28,79% em T_1 , 5,51 e 27,94% em T_2 e 9,42 e 69,62% em T_3 para os respectivos tratamentos, N_2 e N_8 . Com exceção dos níveis N_6 , N_7 e N_8 , as plantas aumentaram a altura entre o 16º e 77º dia, pois houve diferença significativa entre as médias segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Área foliar (AF)

Conforme o resumo da análise de variância, apresentado na Tabela 13, a área foliar sofreu os efeitos da salinidade da água de irrigação (N), a 0,01 de probabilidade. Segundo os modelos matemáticos obtidos aos 77 DAS (Figura 4c), a área foliar decresceu linearmente com o aumento da concentração salina da água de irrigação, havendo decréscimos relativos de AF aos 77 DAS, comparados a N_1 , por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a) de 10,53%. Mediante os decréscimos relativos obtidos através dos modelos matemáticos, observa-se, que a área foliar foi mais afetada a partir de água de $CE_a = 6$ dS m^{-1} com uma redução acima de 50%, comparado a N_1 . Pelos dados de número de folhas, já discutidos, observa-se que, de igual forma a planta sofreu mais com a salinidade de água de irrigação nesta fase de avaliação.

A redução da superfície transpirante das plantas, decorrente do incremento da salinidade, se deu mais intensamente em termos de tamanho, que em número de folhas, onde o NF decresceu, aos 77 DAS, acima de N₁, 7,19% por incremento unitário de CE_a, enquanto a AF declinou na base de 10,53%. Para Alvin (1962), no maracujazeiro o declínio do número e área das folhas resulta na baixa eficiência fotossintética, desequilíbrio na absorção e translocação de nutrientes, no mecanismo de abertura e fechamento de estômatos, revelando estresse do ambiente radicular. Essa relação quase sempre é verdadeira quando o plantel está sob condições adequadas de fitossanidade, ausência de ataque de pragas e condições satisfatória de temperatura e umidade relativa do ar (Piza júnior, 1966).

Tabela 13. Resumo de ANAVA e médias para número de folhas (NF), altura de plantas (AP) relativos aos dados obtidos em três épocas (T), 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) e da área foliar (AF) aos 77 DAS do maracujá.

Causa de variância	Valores de quadrado médio		
	NF	AP ¹	AF
Nível salino (N)	10,26**	7,05**	242761,80**
Reg. Pol. Linear			1416649,52**
Reg. Pol. Quadr.	Desdobramento na	Desdobramento na	39445,53*
Desv. Reg.	Tabela 14	Tabela 15	15593,09 ^{ns}
Época (T)	459,59**	65,72**	-
Interação (N x T)	6,04**	3,94**	-
Resíduo	2,09	0,59	6652,18
CV (%)	16,28	17,62	15,14
	Médias		
	nº	cm	cm ²
Nível salino			
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	7,44	4,77 (32,05)	795,78
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	7,80	4,42 (26,63)	833,16
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	6,97	3,77 (17,70)	699,19
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	6,89	3,56 (15,84)	683,79
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	6,08	2,86 (9,37)	454,50
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	5,45	2,70 (7,69)	445,29
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	5,69	2,48 (6,47)	381,53
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	4,43	2,18 (4,95)	148,85
Época			
T ₁	2,35 c	2,30 b (5,32 b)	-
T ₂	5,25 b	2,36 b (5,67 b)	-
T ₃	11,43 a	5,37 a (34,27 a)	-
dms	1,06	0,56 (6,99)	

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

¹Dados transformados em \sqrt{AP} .

² Valores dentro dos parênteses referem-se aos dados originais.

Tabela 14. Desdobramento da interação (N x T) e médias para número de folhas (NF), aos 16 (T₁), 32 (T₂) e 77 (T₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrado médio							
	16 DAS (T ₁)	32 DAS (T ₂)	77 DAS (T ₃)					
N em T	0,13**	0,50*	64,46**					
Reg. Pol. Linear	0,27**	2,33**	404,92**					
Reg. Pol. Quadr.	0,31**	0,86*	8,77 ^{ns}					
Desv. Reg.	0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	7,38 ^{ns}					
Resíduo	0,02	0,13	2,72					
CV (%)	5,86	6,73	14,30					
N em T	Valores médios							
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	2,56	5,50	14,25					
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	2,76	5,50	15,12					
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	2,42	5,75	12,75					
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	2,22	5,75	12,71					
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	2,12	5,25	10,87					
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	2,11	5,00	9,25					
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	2,06	5,00	10,00					
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	2,52	4,25	6,50					
T em N	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈
T ₁	2,56 b	2,76 b	2,42 c	2,22 c	2,12 c	2,11 b	2,06 b	2,52 b
T ₂	5,50 b	5,50 b	5,75 b	5,75 b	5,25 b	5,00 b	5,00 b	4,25 b
T ₃	14,25 a	15,12 a	12,75 a	12,71 a	10,87 a	9,25 a	10,00 a	6,50 a
dms	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

Tabela 15. Desdobramento da interação (N x T) e médias para altura de plantas (AP¹), aos 16 (T₁), 32 (T₂) e 77 (T₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrado médio							
	16 DAS (T ₁)	32 DAS (T ₂)	77 DAS (T ₃)					
N em T	0,11**	0,17**	43,69**					
Reg. Pol. Linear	0,69**	1,06**	290,82**					
Reg. Pol. Quadr.	0,03**	0,01*	10,02**					
Desv. Reg.	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,00 ^{ns}					
Resíduo	0,01	0,02	0,75					
CV (%)	3,19	5,21	16,17					
N em T	Valores médios (cm)							
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	2,57 (6,59)	2,72 (7,38)	9,02 (82,18)					
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	2,51 (6,32)	2,57 (6,63)	8,17 (66,94)					
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	2,45 (6,03)	2,66 (7,10)	6,21 (39,99)					
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	2,32 (5,41)	2,52 (6,38)	5,84 (35,74)					
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	2,25 (5,07)	2,17 (4,73)	4,16 (18,30)					
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	2,30 (5,29)	2,26 (5,10)	3,54 (12,68)					
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	2,12 (4,50)	2,05 (4,20)	3,27 (10,73)					
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	1,83 (3,37)	1,96 (3,88)	2,74 (7,61)					
T em N	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈
T ₁	2,57 b	2,51 b	2,45 b	2,32 b	2,25 b	2,30 a	2,12 a	1,83 a
T ₂	2,72 b	2,57 b	2,66 b	2,52 b	2,17 b	2,26 a	2,05 a	1,96 a
T ₃	9,02 a	8,17 a	6,21 a	5,84 a	4,16 a	3,54 a	3,27 a	2,74 a
dms	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

¹Dados transformados em \sqrt{AP} .

²Valores dentro dos parênteses referem-se aos dados originais.

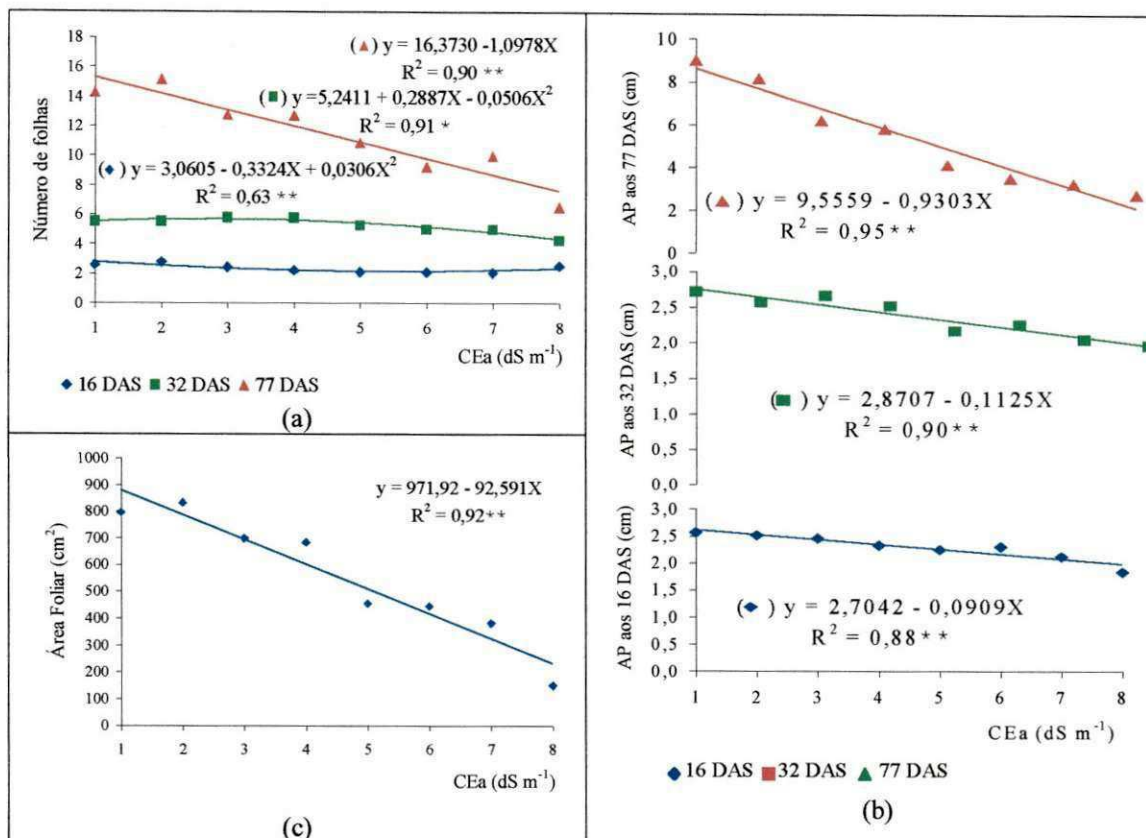


Figura 4. Número de folhas – NF (a), altura das plantas – AP (b) e área foliar – AF (c), em função da salinidade da água de irrigação aos 16, 32 e 77 dias após semeadura (DAS) para NF e AP e aos 77 DAS para AF.

4.1.2.2. Fitomassa

Como pode ser observado nos dados apresentados na Tabela 16, a salinidade (N) afetou significativamente ($p < 0,01$) o vigor das plantas em termos de fitomassa seca da parte aérea (FSPA), de raízes (FSR) e total (FST). Todas as variáveis sofreram efeitos da interação N x T, significando que, em todas as variáveis de fitomassa, o efeito da salinidade variou com as épocas de avaliação. Os modelos matemáticos com as respectivas representações gráficas para as variáveis envolvendo fitomassa estão apresentados nas Figuras 5, 6 e 7.

Na fitomassa seca da parte aérea (FSPA), de acordo com as curvas de regressão a partir do desdobramento (Tabela 17), o modelo matemático de melhor ajuste para as duas primeiras épocas (N em T₁ e N em T₂) foi linear, ocorrendo reduções segundo as equações obtidas (Figura 5), relativos a N₁, de 3,90 e 27,27% aos 16 DAS e de 8,08 e 56,53% aos 32 DAS, respectivamente nos níveis N₂ e N₈. Na última época (77 DAS) o

efeito foi quadrático (N em T₃), com decréscimos de 20,84 e 86,25% em N₂ e N₈, respectivamente, relativos a N₁. Observa-se, mediante as citadas reduções, que a salinidade afetou mais a FSPA aos 77 DAS.

Quanto ao fator época, verifica-se (Tabela 16) ter havido diferença significativa entre as médias da FSPA, aos 77 DAS (T₃) em relação a T₂ e T₁, para todos os níveis salinos (Tukey a 0,05 de probabilidade), tendo a média de T₃ superado a de T₁ em 99,68 % e, de 97,16% em T₂. Na Figura 5 estão apresentadas os modelos matemáticos para as três épocas de avaliação.

Tabela 16. Resumo de ANAVA e médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST), relativos aos dados obtidos em três épocas (T), 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrado médio		
	FSPA	FSR	FST
Nível Salino (N)	4100863,54 **	1626,55 **	4246548,20 **
Época (T)	68502098,44 **	88057,02 **	73470880,65 **
N x T	3966042,29 **	862,92 **	4067094,30 **
Resíduo	68558,85	6,12	68583,55
CV (%)	20,91	4,01	19,93
Valore médios das três épocas			
..... mg			
Nível Salino (NS)			
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	2528,66	81,15	2609,81
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	2365,17	73,51	2438,68
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	1527,16	80,10	1607,25
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	1167,14	68,63	1235,77
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	746,84	48,56	795,39
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	746,33	56,35	802,68
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	679,14	49,77	728,91
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	255,32	36,22	291,54
Época			
T ₁	11,65 b	9,35 c	21,01 b
T ₂	103,63 b	29,34 b	132,96 b
T ₃	3640,63 a	146,67 a	3787,29 a
dms	231,07	2,18	231,11

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

Tabela 17. Desdobramento da interação (N x T) e médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), aos 16 (T₁), 32 (T₂) e 77 (T₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrado médio							
	16 DAS (T ₁)	32 DAS (T ₂)	77 DAS (T ₃)					
N em T	3,82 *	1977,64 **	12030955,29 **					
Reg. Pol. Linear	23,22 **	11434,50 **	76752594,90 **					
Reg. Pol. Quadr.	1,51 ns	90,21 ns	4075034,67 **					
Desv. Reg.	0,40 ns	463,76 *	677811,50 ns					
Resíduo	0,88	112,64	205556,98					
CV (%)	8,03	10,24	12,45					
N em T	Valores médios (mg)							
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	13,91	138,73	7433,35					
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	13,05	123,88	6958,58					
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	12,46	133,38	4435,65					
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	11,14	133,88	3356,40					
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	11,76	80,75	2148,00					
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	10,17	78,95	2149,88					
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	10,36	74,68	1952,38					
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	10,41	64,78	690,79					
T em N	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈
T ₁	13,91 b	13,05 b	12,46 b	11,14 b	11,76 b	10,17 b	10,36 b	10,41 b
T ₂	138,73 b	123,88 b	133,38 b	133,88 b	80,75 b	78,95 b	74,68 b	64,78 ab
T ₃	7433,35 a	6958,58 a	4435,63 a	3356,40 a	2148,00 a	2149,88 a	1952,38 a	690,79 a
dms	653,57	653,57	653,57	653,57	653,57	653,57	653,57	653,57

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

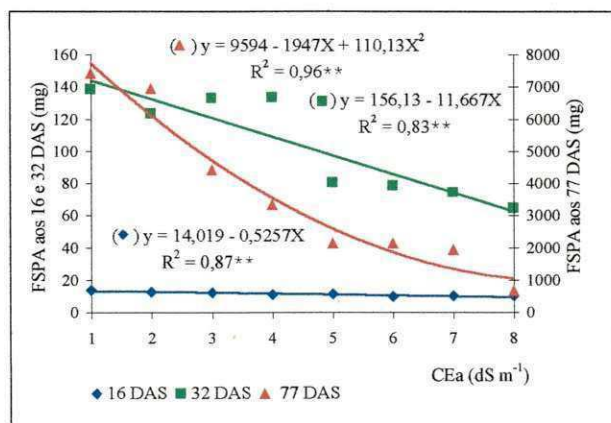


Figura 5. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA), em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Pela análise de variância da Tabela 16, verifica-se que a salinidade afetou significativamente (p < 0,01) a fitomassa seca da raiz, bem como, através do desdobramento da interação para a fitomassa seca da raiz (Tabela 18), constata-se que o fator nível de salinidade (N) dentro de T₁, T₂ e T₃ foi significativo a 0,01 de probabilidade, segundo regressão linear para as três épocas estudadas.

Tomando-se como base os modelos matemáticos obtidos, os percentuais de decréscimos relativos para a fitomassa seca de raízes (FSR) por incremento unitário de salinidade (CE_a), aos 16, 32 e 77 DAS, foram de 5,34, 7,57 e 7,57% (Figura 6).

Para o fator época, verifica-se que houve diferença significativa pelo teste de Tukey, ao nível de 0,05 de probabilidade (Tabela 16), em todas as épocas estudadas, onde T_3 foi 15,69 vezes superior a T_1 e 4,99 vezes maior que T_2 .

Como era de se esperar, as significâncias estatísticas, obtidas para fitomassa seca total, foram iguais às obtidas para fitomassa seca da parte aérea, haja vista, ter sido da parte aérea a maior contribuição na FST da planta.

Conforme os estudos de regressão (Tabela 19), nota-se que o fator nível salino (N) foi significativo ($p < 0,01$) em relação às duas últimas épocas (N em T_2 e N em T_3) e a 0,05 de probabilidade na primeira época (N em T_1); o efeito foi linear com o aumento da salinidade aos 16 e 32 DAS, enquanto que aos 77 DAS a resposta foi quadrática. Pelos modelos matemáticos (Figura 7), os decréscimos obtidos para a FST (relativos a N_1) foram de 4,56 e 31,91% aos 16 DAS de 7,97 e 55,77% aos 32 DAS e, 20,46 e 85,48% aos 77 DAS, respectivamente nos níveis N_2 e N_8 .

Na Tabela 19, com base nas regressões da FST, observa-se que as plântulas acumularam matéria seca entre a segunda e terceira época de amostragem nos oito níveis salinos, uma vez que as médias diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observa-se, mediante os citados decréscimos, que a salinidade afetou mais a FSPA aos 32 DAS, concordando com resultados encontrados na literatura, segundo os quais a salinidade inibe menos o crescimento radicular do que o da parte aérea (Meiri & Shalhevet, 1973; Maas & Hoffman, 1977; Shannon, 1979), discordando de Santos (1999), que encontrou maior redução na FSR do maracujá, quando irrigados com água salina de até 6 dS m^{-1} .

O maracujazeiro tolerou relativamente bem a salinidade até 32 DAS, pois as mudas do maracujazeiro alcançaram mais de 75% de crescimento relativo com água de 4 dS m^{-1} , considerada por Ayers & Westcot (1999) como de restrição agrícola severa; esse valor foi semelhante ao obtido com água de 2 dS m^{-1} aos 77 DAS, denotando que os efeitos da salinidade se intensificaram com o passar do tempo. Comparando-se as reduções

relativas ocasionadas pela salinidade de água aos 77 DAS, verifica-se que AF, FSR, FSPA e AP foram, em ordem crescente, as variáveis mais prejudicadas pela salinidade.

Tabela 18. Desdobramento da interação (N x T) e médias para fitomassa seca da raiz (FSR), aos 16 (T₁), 32 (T₂) e 77 (T₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de Quadrados médios							
	16 DAS (T ₁)	32 DAS (T ₂)	77 DAS (T ₃)					
N em T	5,14 **	128,73 **	3218,51 **					
Reg. Pol. Linear	31,62 **	766,23 **	19157,37 **					
Reg. Pol. Quadr.	0,72 ^{ns}	8,36 ^{ns}	209,16 **					
Desv. Reg.	0,72 ^{ns}	25,31 ^{ns}	632,61 **					
Resíduo	0,79	17,58	0,003					
CV (%)	9,48	14,29	0,038					
N em T	Valores médios (mg)							
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	11,74	38,63	193,10					
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	10,84	34,95	174,75					
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	10,39	38,33	191,60					
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	9,27	32,78	163,85					
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	9,65	22,68	113,35					
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	7,64	26,90	134,50					
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	7,30	23,68	118,35					
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	8,03	16,78	83,85					
T em N	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈
T ₁	11,74 c	10,84 c	10,39 c	9,27 c	9,65 c	7,64 c	7,30 c	8,03 c
T ₂	38,63 b	34,95 b	38,33 b	32,78 b	22,68 b	26,90 b	23,68 b	16,78 b
T ₃	193,10 a	174,75 a	191,60 a	163,85 a	113,35 a	134,50 a	118,35 a	83,85 a
dms	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

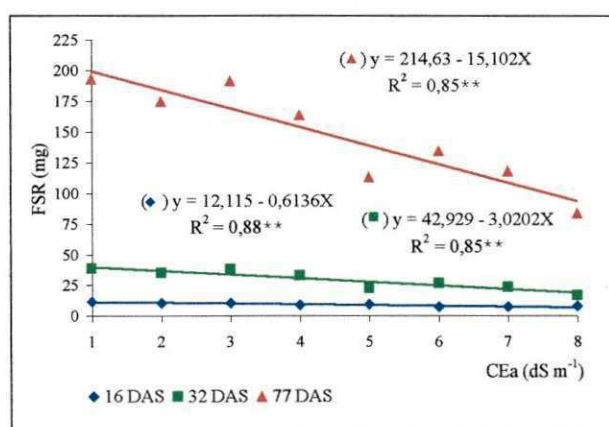


Figura 6. Fitomassa seca da raiz (FSR), em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Tabela 19. Desdobramento da interação (N x T) e médias para fitomassa seca total (FST), aos 16 (T₁), 32 (T₂) e 77 (T₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	16 DAS (T ₁)	32 DAS (T ₂)	77 DAS (T ₃)
N em T	17,64 *	3063,82 **	12377655,33 **
Reg. Pol. Linear	109,04 **	18120,70 **	79196914,66 **
Reg. Pol. Quadr.	4,32 ^{ns}	153,50 ^{ns}	4016858,79 **
Desv. Reg.	2,02 ^{ns}	634,51 ^{ns}	685962,77 ^{ns}
Resíduo	3,22	201,17	205546,26
CV (%)	8,54	10,67	11,97

Valores médios (mg)			
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	25,64	177,35	7626,45
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	23,88	158,83	7133,33
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	22,84	171,70	4627,23
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	20,40	166,65	3520,25
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	21,40	103,43	2261,35
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	17,80	105,85	2284,38
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	17,65	98,35	2070,73
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	18,43	81,55	774,64

T em N	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈
T ₁	25,64 b	23,88 b	22,84 b	20,40 b	21,40 b	17,80 b	17,65 b	18,43 b
T ₂	177,35 b	158,83 b	171,70 b	166,65 b	103,43 b	105,85 b	98,35 b	81,55 b
T ₃	7626,45 a	7133,33 a	4627,23 a	3520,25 a	2261,35 a	2284,38 a	2070,73 a	774,64 a
dms	653,69	653,69	653,69	653,69	653,69	653,69	653,69	653,69

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

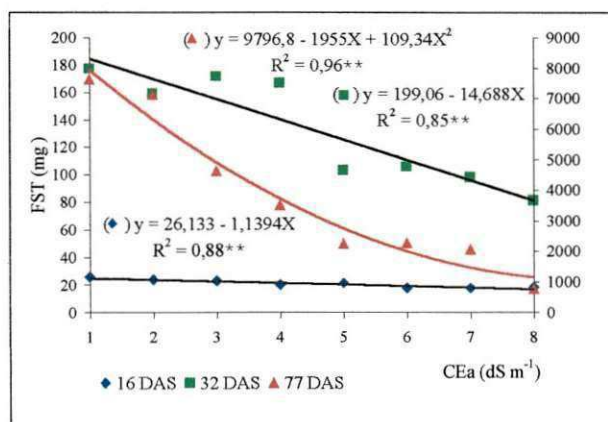


Figura 7. Fitomassa seca total (FST), em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.

A intensificação dos efeitos da salinidade com a idade da planta, pode ser claramente observada através da análise de regressão segmentada (modelo platô), aplicada à dispersão dos dados relativos de FSPA, aos 32 e 77 DAS, em função da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) mensurada no 32º e 77º DAS (Figura 8). Nota-se que o limite de CE_{es} (salinidade limiar – SL) a partir do qual ocorreu decréscimo da FSPA, aos 32 DAS (5,61 dS m⁻¹) foi 2,05 vezes maior do que aos 77 DAS (2,73 dS m⁻¹), seguidos

de taxa de decréscimo relativo por aumento de unitário de CE_{es} de 7,78 e 7,44%, respectivamente, para 32 e 77 DAS. De acordo com Maas & Hoffman (1977), além de haver diferenças de tolerância entre espécies e entre cultivares, dentro de um mesmo genótipo pode também existir diferença entre estágios de crescimento.

Apesar de os efeitos da salinidade terem se intensificado com a idade das plantas, verifica-se, ainda assim, terem os resultados superado as expectativas, uma vez que Mass (1984), classifica o maracujazeiro como sensível à salinidade; com base apenas no valor da SL obtido neste trabalho aos 77 DAS, o maracujazeiro amarelo já seria, em fase de muda, moderadamente sensível (SL entre 1,3 e 3,0 $dS\ m^{-1}$), mas considerando-se os critérios adicionais desse autor, é possível classificar esta fruteira como moderadamente tolerante, uma vez que a condutividade elétrica do extrato de saturação de 4 $dS\ m^{-1}$ proporcionou uma FSPA relativa de 90%. Segundo Maas (1984), enquadram-se também nesta última classe, culturas em que CE_{es} entre 3 e 6 $dS\ m^{-1}$ proporciona 90% de rendimento relativo, interpretado neste trabalho em termos de fitomassa seca.

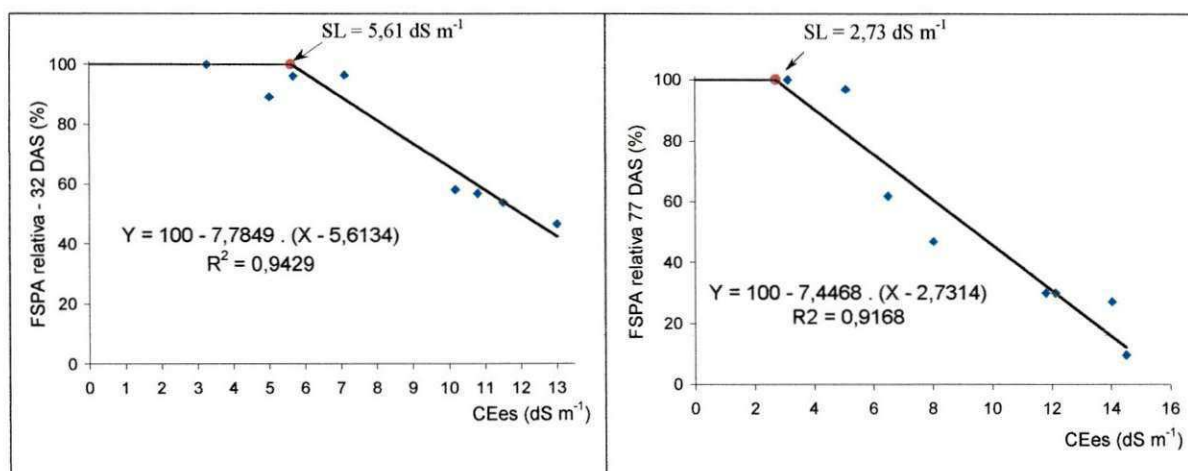


Figura 8. Fitomassa seca da parte aérea do maracujazeiro, aos 32 e 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}).

4.1.2.3. Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A análise de variância e os dados médios observados para taxa de crescimento absoluto (TCA), em avaliação realizada entre 16 – 32 DAS e 33 – 77 DAS, estão resumidos na Tabela 20. Constata-se que a TCA sofreu efeito significativo da salinidade da água de irrigação (N), ao nível de 0,01 de probabilidade. Nota-se também

que houve efeito interativo dos fatores N x T ($p < 0,01$) para a taxa de crescimento absoluto da parte aérea (TCA_{pa}) e taxa de crescimento absoluto total (TCA_T), significando que para estas variáveis o efeito da salinidade variou entre as épocas de avaliação.

Taxa de crescimento absoluto da parte aérea (TCA_{pa})

Pela equação matemática (Figura 9a), obtida mediante análise de regressão dos dados, o decréscimo relativo da TCA_{pa} , comparado a N_1 , por cada incremento unitário da salinidade, foi de 8,51%, de 16 – 32 DAS, já de 33 – 77 DAS, observou-se decréscimos, relativos a N_1 , de 21,11 e 86,77% nos níveis N_2 e N_8 , respectivamente. Comparando-se os valores observados em N_8 e N_1 , foram constatadas reduções de 59,56% entre 16 – 32 DAS e 86,77 % entre 33 – 77 DAS. Os dados de TCA_{pa} foram sempre crescentes (T em N), independente do tratamento, nas duas avaliações (Tabela 21).

Houve efeito significativo de época de amostragem ($p < 0,01$), pois analisando-se as médias da Tabela 20, vê-se pelo teste de Tukey, ao nível de 0,05 de probabilidade, que T_1 diferiu de T_2 ; com um acréscimo médio de 13,67 vezes maior em T_2 , que era esperado em virtude do crescimento da planta com o tempo. Na Tabela 21, observa-se que com exceção de N_8 , houve diferenças significativas entre todas as épocas.

Taxa de crescimento absoluto das raízes (TCA_r)

O efeito da salinidade sobre a TCA_r não dependeu da época de avaliação, embora tenha havido diferença significativa, também, entre as duas épocas. Com base nos estudos de regressão, observa-se ter a TCA_r decrescido linearmente com o aumento da salinidade, segundo modelos matemáticos contidos na Figura 9b, e variado, também, entre as épocas de avaliações, conforme a comparação de médias, através do Teste de Tukey a 0,05 de probabilidade (Tabela 20).

Apesar de não ter havido efeito interativo, optou-se por realizar regressões individuais, em cada época de avaliação, por se tratar de estudos de taxa de crescimento, em que é importante se avaliar a variação ocorrida entre as duas épocas e também, por ter havido incremento médio de 108,7%, entre as avaliações.

De acordo com as equações lineares obtidas (Figura 9b), os percentuais de decréscimos relativos por incremento unitário de salinidade (CE_a) entre 16 – 32 e 33 – 77

DAS foram de 8,47 e 7,57%, respectivamente, comparados com N_1 . Observa-se, mediante os citados decréscimos, que a salinidade afetou mais a TCA_r entre 16 – 32 DAS.

Taxa de crescimento absoluto total (TCA_t)

As significâncias estatísticas obtidas para a taxa de crescimento absoluto total foram similares às observadas em TCA_{pa} , fato melhor constatado através das médias contidas na Tabela 20. De acordo com as análises de regressão, obtidas a partir do desdobramento da interação $N \times T$ (Tabela 21), a TCA_t decresceu linearmente na primeira avaliação (16 – 32 DAS); entretanto, na segunda avaliação (33 – 77 DAS) teve redução quadrática, ambas significativas a 0,01 de probabilidade.

Tomando-se como base as médias dentro de T_1 , verifica-se que a salinidade provocou uma redução acima de 50% em N_8 , enquanto que, dentro de T_2 , esta redução ocorreu a partir de N_4 , denotando que o efeito se intensificou com o passar do tempo. Embora tenha ocorrido decréscimos desde N_1 , o incremento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação proporcionou decréscimo relativo (com base em N_1) de 8,50% aos 16 – 32 DAS, para 33 – 77 DAS, os decréscimos (relativos a N_1) foram de 20,80 e 86,14% para N_2 e N_8 , respectivamente.

Esses resultados explicam os menores valores encontrados para a altura das plantas, número de folhas, área foliar e FSPA nos níveis mais salinos, uma vez que a variação ou incremento de material da planta, entre duas amostragens, por unidade de tempo, expressando a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação (TCA), foi reduzida.

Resultados semelhantes foram obtidos por Viana (2000), estudando índices fisiológicos da alface sob concentrações salinas variando de 0,7 a 3,8 dS m^{-1} e Carneiro (2001), estudando a cultura do cajueiro anão precoce, sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. De acordo com Maas & Hoffman (1977), na medida em que a concentração salina da solução do solo aumenta acima de um limite tolerável, a taxa de crescimento da maioria das espécies vegetais diminui progressivamente.

Tabela 20. Resumo de ANOVA e médias para taxa de crescimento absoluto da parte aérea (TCA_{pa}), da raiz (TCA_r) e total (TCA_t), realizadas de 16 a 32 DAS (T_1) e 33 a 77 DAS (T_2) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	TCA_{pa}	TCA_r	TCA_t
Nível Salino (N)	3078,41 **	1,30 **	3188,21 **
Época (T)	42455,52 **	14,75 **	4057,73 **
N x T	2743,93 **	0,09 ^{ns}	2772,66 **
Resíduo	49,33	0,03	48,94
CV (%)	16,65	9,47	15,86

Nível Salino (N)	Valores médios		
 mg dia ⁻¹		
N_1 (1 dS m ⁻¹)	84,95	2,56	87,51
N_2 (2 dS m ⁻¹)	79,41	2,31	81,71
N_3 (3 dS m ⁻¹)	51,58	2,58	54,16
N_4 (4 dS m ⁻¹)	39,64	2,19	41,84
N_5 (5 dS m ⁻¹)	25,13	1,42	26,54
N_6 (6 dS m ⁻¹)	25,16	1,80	26,96
N_7 (7 dS m ⁻¹)	22,87	1,56	24,44
N_8 (8 dS m ⁻¹)	8,66	1,02	9,68

Época	TCA_{pa}	TCA_r	TCA_t
T_1	5,75 b	1,25 b	6,99 b
T_2	78,60 a	2,61 a	81,21 a

dms	TCA_{pa}	TCA_r	TCA_t
	5,27	0,14	5,25

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$).

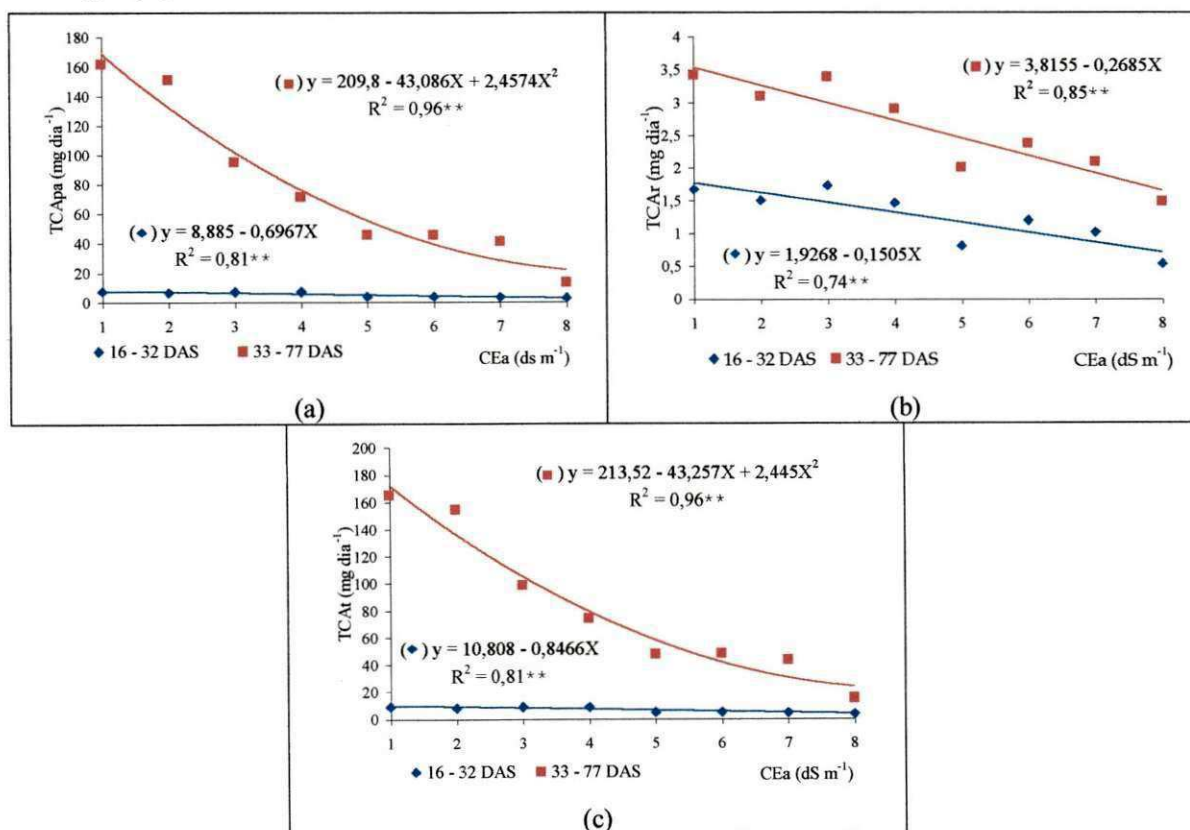


Figura 9. Taxa de crescimento absoluto da parte aérea – TCA_{pa} (a), da raiz – TCA_r (b) e total – TCA_t (c) entre 16 e 32 e 33 e 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

Tabela 21. Desdobramento da interação (N x T) e médias para a taxa de crescimento absoluto para a parte aérea (TCA_{pa}), e total (TCA_t) realizadas de 16 – 32 DAS (T₁) e 33 – 77 DAS (T₂) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	TCA _{pa}	TCA _r	TCA _t
N em T₁	7,22 **	0,37 **	10,58 **
Reg. Pol. Linear	40,77 **	1,90 **	60,21 **
Reg. Pol. Quadr.	0,45 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,83 ^{ns}
Desv. Reg.	1,86 *	0,12 ^{ns}	2,61 *
Resíduo	3,25	0,06	0,69
CV (%)	11,09	19,26	11,88
	Médias (mg dia ⁻¹)		
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	7,81	1,68	9,48
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	6,93	1,51	8,44
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	7,56	1,75	9,31
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	7,67	1,47	9,15
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	4,32	0,82	5,13
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	4,30	1,21	5,51
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	4,02	1,03	5,05
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	3,40	0,55	3,95
N em T₂	5806,34 **	1,02 **	5941,35 **
Reg. Pol. Linear	36938,24 **	6,06 **	37891,10 **
Reg. Pol. Quadr.	2029,01 **	0,07 *	2006,61 **
Desv. Reg.	335,43 ^{ns}	0,20 **	338,35 ^{ns}
QMR	99,7407	0,01	98,67
CV (%)	12,7106	3,59	12,24
	Médias (mg dia ⁻¹)		
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	162,10	3,43	165,54
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	151,88	3,11	154,99
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	95,61	3,41	99,02
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	71,61	2,91	74,53
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	45,94	2,02	47,96
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	46,02	2,39	48,41
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	41,73	2,10	43,83
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	13,91	1,49	15,41
T em N₁			
T ₁	7,81 b	1,08 a	9,48 b
T ₂	162,10 a	3,43 a	165,54 a
T em N₂			
T ₁	6,93 b	1,51 a	8,44 b
T ₂	151,88 a	3,11 a	154,99 a
T em N₃			
T ₁	7,56 b	1,75 a	9,31 b
T ₂	95,61 a	3,41 a	99,02 a
T em N₄			
T ₁	7,67 b	1,47 a	9,15 b
T ₂	71,61 a	2,91 a	74,53 a
T em N₅			
T ₁	4,32 b	0,82 a	5,13 b
T ₂	45,94 a	2,02 a	47,96 a
T em N₆			
T ₁	4,30 b	1,21 a	5,51 b
T ₂	46,02 a	2,39 a	48,41 a
T em N₇			
T ₁	4,02 b	1,03 a	5,05 b
T ₂	41,73 a	2,10 a	43,83 a
T em N₈			
T ₁	3,40 a	0,55 a	3,95 a
T ₂	13,91 a	1,49 a	15,41 a
dms	14,90	-	14,84

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

4.1.2.4. Taxa de crescimento relativo (TCR)

Analisando-se os resultados estatísticos para TCR nas duas avaliações (16 – 32 e 33- 77 DAS), contidos na Tabela 22, constata-se ter a salinidade afetado significativamente ($p < 0,01$) o crescimento relativo de todas as variáveis analisadas. Foi interativo o efeito dos fatores N (níveis de salinidade) e T (épocas de avaliação), significando dizer que, em todas as variáveis de crescimento relativo, o efeito da salinidade variou entre as épocas de avaliação. A taxa de crescimento relativo, corresponde a unidade de material produzido por unidade de material preexistente, ou seja, é a eficiência da planta em produzir células e novos tecidos a partir de fotoassimilados (Benincasa, 1988).

Taxa de crescimento relativo da parte aérea (TCR_{pa})

De acordo com as equações matemáticas (Figura 10a), obtidas mediante análise de regressão do desdobramento dos dados, os decréscimos relativos da taxa de crescimento relativo da parte aérea (TCR_{pa}), comparados com N_1 , foram de 42,85 e 72,17%, no nível mais alto (N_8), no período entre 16 – 32 e 33 – 77 DAS, respectivamente.

As médias observadas de TCR_{pa} , nas duas épocas, para cada nível salino de N e de épocas (T), estão apresentadas na Tabela 23. Observa-se terem sido sempre crescentes os valores da TCR_{pa} , entre as épocas (T), independentemente do tratamento. Na avaliação final, os valores máximo e mínimo de TCR_{pa} , obtidos entre os níveis de salinidade estudados, foram de 0,92 e 0,17 $mg\ mg^{-1}\ dia^{-1}$ para N_1 e N_8 , respectivamente, sendo o valor obtido em N_8 5,41 vezes menor do que o de N_1 . Com base na Tabela 23, constata-se acréscimos relativos entre as épocas estudadas de 66,30, 69,80, 41,07, 32,14, 53,33, 43,18 e 46,51%, respectivamente, para N_1 , N_2 , N_3 , N_4 , N_5 , N_6 e N_7 , não tendo havido diferença em N_8 ; no nível mais alto o crescimento estabilizou-se após a 1ª avaliação, constatando-se que em T_2 houve uma maior eficiência em produzir material novo, por unidade de material preexistente.

Taxa de crescimento relativo da raiz (TCR_r)

Os valores de desdobramento da interação N x T significativa, estão apresentados na Tabela 23. Pelos dados da análise de regressão para o fator salinidade da água de irrigação, em cada nível do fator época de avaliação (T), verifica-se ter havido

efeito significativo da salinidade sobre a TCR_t , apenas na primeira época (16 – 32 DAS), sendo linear, causando decréscimo, relativo a N_1 , de 5,83% por incremento unitário de CE_a , (Figura 10b). Através do desdobramento dos graus de liberdade para o fator época (T), dentro de cada nível salino (N), as plantas avaliadas em T_1 tiveram em média, teor de matéria seca 2,85 vezes superior, em relação às avaliadas em T_2 , denotando que com o decorrer do tempo a salinidade interferiu na capacidade do maracujazeiro em produzir material novo por unidade de material pré-existente.

Taxa de crescimento relativo total (TCR_t)

A TCR_t sofreu efeito quadrático da salinidade nas duas épocas de avaliações (entre 16 – 32 e 33 – 77 DAS), conforme dados apresentados na Figura 10c. Na primeira avaliação, houve acréscimos até aproximadamente N_4 , quando os valores começaram a decrescer, enquanto que na segunda avaliação, os valores se inverteram, acontecendo decréscimos a partir de N_2 . Os decréscimos verificados entre N_1 e N_8 foram 43,25 e 70,46% para as épocas de T_1 e T_2 , respectivamente.

Houve diferença significativa, ao nível de 0,01 de probabilidade, entre T_1 (16 – 32 DAS) e T_2 (33 – 77 DAS). Com base na Tabela 23, observa-se que nos níveis que houve diferença significativa, em relação as médias do fator época (T), as plantas avaliadas em T_2 tiveram teor de matéria seca de 60,43, 63,53, 28,69, 48,39, 32,61 e 35,96% superior, nos níveis N_1 , N_2 , N_3 , N_5 , N_6 e N_7 , respectivamente, em relação às avaliadas em T_1 . Sendo assim, pode-se dizer que, para a TCR_t , a eficiência do maracujazeiro em produzir células e novos tecidos a partir de fotoassimilados foi maior no período de 33 – 77 DAS.

Tabela 22. Resumo de ANAVA e médias para taxa de crescimento relativo da parte aérea (TCR_{pa}), da raiz (TCR_r) e total (TCR_t), realizadas de 16 – 32 DAS (T_1) e 33 – 77 DAS (T_2) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	TCR_{pa}	TCR_r	TCR_t
Nível Salino (N)	0,0920**	0,0003**	0,0978**
Época (T)	0,5940**	0,0116**	0,4325**
N x T	0,0592**	0,0003**	0,0568**
Resíduo	0,0014	0,0001	0,0017
CV (%)	9,1276	18,3652	9,2183
	Valores médios		
 mg mg ⁻¹ dia ⁻¹		
Nível Salino (N)			
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	0,61	0,043	0,66
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	0,63	0,043	0,67
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	0,44	0,050	0,49
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	0,40	0,045	0,45
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	0,33	0,028	0,35
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	0,34	0,048	0,39
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	0,33	0,038	0,37
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	0,18	0,025	0,20
Época			
T ₁	0,27 b	0,059 a	0,329 b
T ₂	0,54 a	0,021 b	0,5629 a
dms	0,03	0,0055	0,031

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade: (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$).

Tabela 23. Desdobramento da interação (N x T) e médias para a taxa de crescimento relativo para a parte aérea (TCR_{pa}), da raiz (TCR_r) e total (TCR_t) realizadas de 16 – 32 DAS (T₁) e 33 – 77 DAS (T₂) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	TCR _{pa}	TCR _r	TCR _t
N em T₁	0,0088 **	0,0006 *	0,0134 **
Reg. Pol. Linear	0,0305 **	0,0015 **	0,0450 **
Reg. Pol. Quadr.	0,0060 *	0,0004 ^{ns}	0,0091 *
Desv. Reg.	0,0050 *	0,0005 *	0,0079 *
Resíduo	0,0008	0,001	0,014
CV (%)	10,4757	17,0213	11,3345
N em T₂	Valores médios (mg mg ⁻¹ dia ⁻¹)		
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	0,305	0,065	0,370
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	0,290	0,065	0,355
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	0,330	0,080	0,410
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	0,375	0,070	0,450
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	0,205	0,035	0,240
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	0,245	0,070	0,310
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	0,230	0,055	0,285
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	0,180	0,030	0,215
N em T₂	0,1424 **	0,0000 ^{ns}	0,1412 **
Reg. Pol. Linear	0,8044 **	0,0000 ^{ns}	0,7995 **
Reg. Pol. Quadr.	0,0312 **	0,0000 ^{ns}	0,0311 **
Desv. Reg.	0,0323 **	0,0000 ^{ns}	0,0316 **
Resíduo	0,0020	0,0000	0,0020
CV (%)	8,1399	12,1212	7,9219
	Valores médios (mg mg ⁻¹ dia ⁻¹)		
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	0,915	0,020	0,935
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	0,960	0,020	0,975
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	0,555	0,020	0,575
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	0,430	0,020	0,450
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	0,445	0,020	0,465
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	0,440	0,025	0,460
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	0,425	0,020	0,445
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	0,170	0,020	0,190
T em N₁	T ₁ 0,305 b	0,065 a	0,370 b
	T ₂ 0,915 a	0,020 b	0,935 a
T em N₂	T ₁ 0,290 b	0,065 a	0,355 b
	T ₂ 0,960 a	0,020 b	0,975 a
T em N₃	T ₁ 0,330 b	0,080 a	0,410 b
	T ₂ 0,555 a	0,020 b	0,575 a
T em N₄	T ₁ 0,375 a	0,070 a	0,450 a
	T ₂ 0,430 a	0,020 b	0,450 a
T em N₅	T ₁ 0,205 b	0,035 a	0,240 b
	T ₂ 0,445 a	0,020 a	0,465 a
T em N₆	T ₁ 0,245 b	0,070 a	0,310 b
	T ₂ 0,440 a	0,025 b	0,460 a
T em N₇	T ₁ 0,230 b	0,055 a	0,285 b
	T ₂ 0,425 a	0,020 b	0,445 a
T em N₈	T ₁ 0,180 a	0,030 a	0,215 a
	T ₂ 0,170 a	0,020 a	0,190 a
dms	0,079	0,016	0,087

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

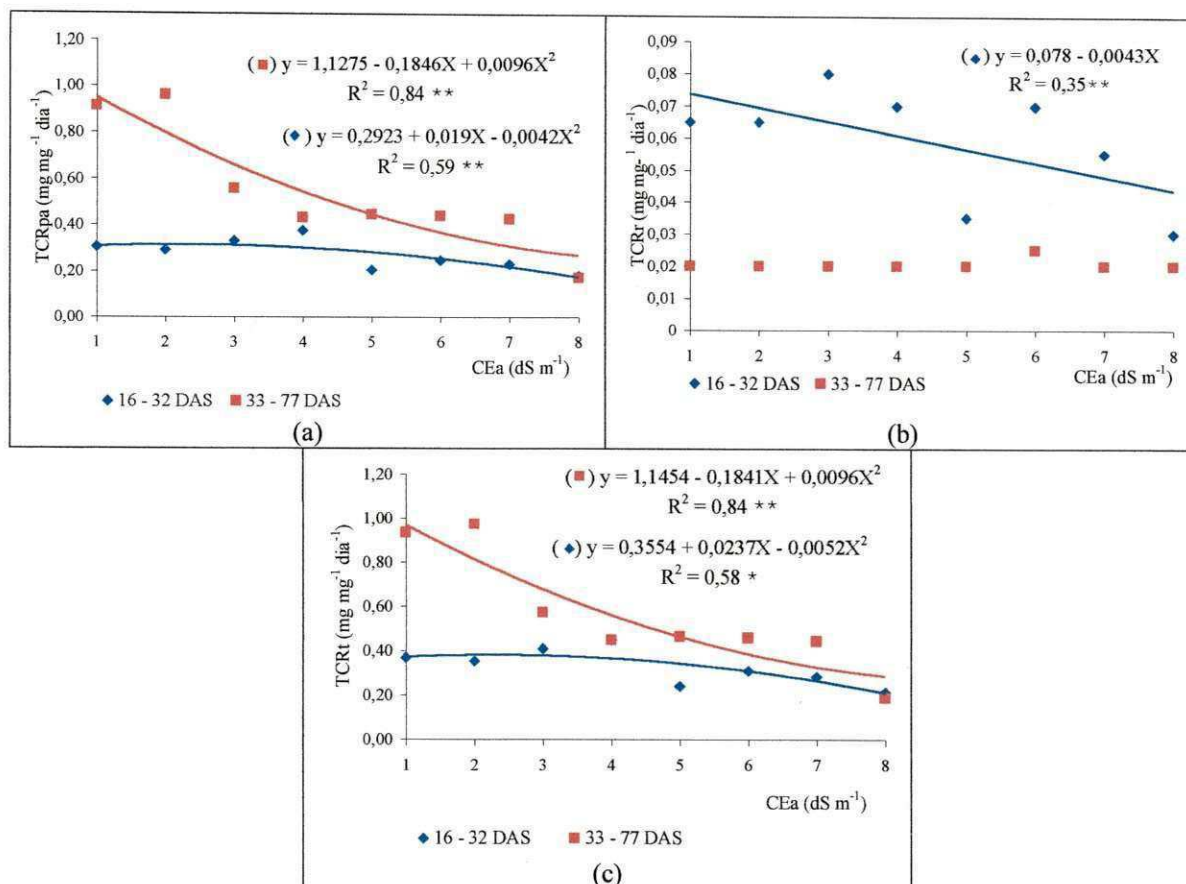


Figura 10. Taxa de crescimento relativo da parte aérea – TCR_{pa} (a), da raiz – TCR_r (b) e total – TCR_t (c) entre 16 e 32 e 33 e 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

4.1.2.5. Relação raiz parte aérea (R/PA)

Conforme as análises de variância e as médias observadas para a relação raiz parte aérea (R/PA), a salinidade da água de irrigação não afetou significativamente a R/PA. No entanto, houve efeitos significativos entre as épocas de avaliações (T) sobre a R/PA ($p < 0,01$), como também foi interativo o efeito dos fatores N (níveis salinos) e T (épocas de avaliações), significando que o efeito da salinidade variou entre as três épocas de avaliações, afetando a R/PA ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 24).

De acordo com a análise de variância do desdobramento (Tabela 25), a relação raiz/parte aérea foi afetada pela salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$) na primeira avaliação (16 DAS) e, ao nível de 0,01 de probabilidade na última avaliação (77 DAS). Conforme os estudos de regressão, houve efeito linear aos 16 DAS, relativo a N₁, baixando a R/PA de 1,96% para cada incremento unitário de CE_a, o que reflete o efeito

negativo da salinidade sobre essa variável. Aos 32 DAS, apesar do efeito ser não significativo, houve incremento, relativo a N_1 , para cada incremento unitário de CE_a de 1,05%. Tomando-se como base o medelo matemático obtido aos 77 DAS, ocorreram acréscimos a partir N_1 , com acréscimo de 1,01 e 248,31%, respectivamente, nos níveis N_2 e N_8 . As curvas de regressão do desdobramento ($p < 0,01$) para as três épocas de avaliação, constam na Figura 11. Aos 16 DAS, os valores máximos e mínimos da R/PA foram de 0,84 e 0,70 $g\ g^{-1}$, diferença entre ambos de 1,20 vezes, aos 32 DAS de 0,34 e 0,25 $g\ g^{-1}$, 1,40 vezes e aos 77 DAS de 0,12 e 0,03 $g\ g^{-1}$, 4,67 vezes maior que o valor mínimo.

O fato da relação raiz/parte aérea ter crescido com o incremento dos níveis de salinidade aos 77 DAS (Figura 11) devem-se a maior taxa de redução ocorrida em termos de fitomassa seca da parte aérea (decréscimo de 56,53 e 86,25% para 32 e 77 DAS, respectivamente, entre N_1 e N_8 , com base na equação de regressão), enquanto, para fitomassa seca de raiz, ocorreu um decréscimo, entre os mesmos tratamentos, de apenas 52,97 e 52,98% nas mesmas épocas. Assim, constata-se, que o crescimento da parte aérea foi mais afetado pela salinidade da água de irrigação do que o sistema radicular, resultando numa maior relação R/PA, estando, de acordo com citações de vários autores (Meiri & Poljakoff-Mayber, 1970; Maas & Hoffman, 1977; Shannon, 1979; Fageria, 1984 e 1989). Isto pode ser um indicativo de adaptação morfo-fisiológica da cultura à salinidade devido à redução do potencial hídrico do solo (efeito osmótico), fazendo com que as plantas aumentem a capacidade de absorção de água e diminuam a taxa de transpiração (Maas & Niemann, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1984 e 1989).

Tabela 24. Resumo de ANAVA e médias para a relação raiz/parte aérea (R/PA), relativos aos dados obtidos em três épocas (T), 16, 32 e 77 dias após a semeadura (DAS), razão área foliar (RAF) e teor de água na folha (TAF), relativos aos dados obtidos aos 77 dias após a semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	R/PA	RAF	TAF
Nível Salino (N)	0,0006 ^{ns}	0,0043 ^{**}	19,4097 ^{**}
Reg. Pol. Linear	Desdobramento na Tabela 26	0,0233 ^{**}	116,1018 ^{**}
Reg. Pol. Quadr.		0,0052 ^{**}	3,0267 ^{ns}
Desv. Reg.		0,0004 ^{ns}	3,3479 ^{ns}
Época (T)	2,3429 ^{**}	—	—
N x T	0,0047 ^{**}	—	—
Resíduo	0,0006	0,0002	2,1091
CV (%)	6,4764	7,6605	1,7135
	Valores médios		
	g g ⁻¹	cm ² g ⁻¹	%
Nível Salino (N)			
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	0,38	0,11	79,96
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	0,37	0,12	81,19
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	0,39	0,17	83,23
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	0,39	0,19	86,23
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	0,39	0,23	85,71
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	0,39	0,22	86,58
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	0,36	0,21	85,65
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	0,38	0,21	89,52
Época			
T ₁	0,80 a	—	—
T ₂	0,28 b	—	—
T ₃	0,06 c	—	—
dms	0,02	—	—

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

Tabela 25. Desdobramento da interação (N x T) e médias para relação raiz/parte aérea (R/PA), aos 16 (T₁), 32 (T₂) e 77 (T₃) dias após semeadura (DAS) do maracujazeiro.

Causa de variância	Valores de quadrados médios							
	16 DAS (T ₁)	32 DAS (T ₂)	77 DAS (T ₃)					
N em T	0,0052 *	0,0019 ^{ns}	0,0018 **					
Reg. Pol. Linear	0,0237 **	0,0007 ^{ns}	0,0097 **					
Reg. Pol. Quadr.	0,0005 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0010 **					
Desv. Reg.	0,0024 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,0004 **					
Resíduo	0,0009	0,0007	0,0000					
CV (%)	3,6598	9,2305	6,8552					
N em T	Valores médios (g g ⁻¹)							
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	0,84	0,28	0,03					
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	0,83	0,28	0,03					
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	0,83	0,29	0,04					
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	0,83	0,25	0,05					
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	0,82	0,28	0,05					
N ₆ (6 dS m ⁻¹)	0,75	0,34	0,06					
N ₇ (7 dS m ⁻¹)	0,70	0,32	0,06					
N ₈ (8 dS m ⁻¹)	0,77	0,26	0,12					
T em N	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈
T ₁	0,84 a	0,83 a	0,83 a	0,83 a	0,82 a	0,75 a	0,70 a	0,77 a
T ₂	0,28 b	0,28 b	0,29 b	0,25 b	0,28 b	0,34 b	0,32 b	0,26 b
T ₃	0,03 c	0,03 c	0,04 c	0,05 c	0,05 c	0,06 c	0,06 c	0,12 c
dms	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

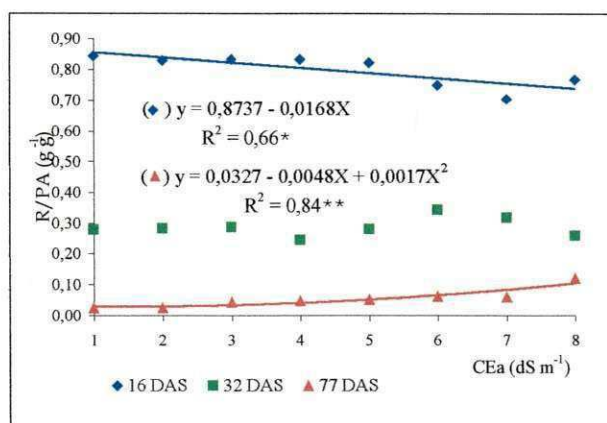


Figura 11. Relação raiz/parte aérea (R/PA) do maracujazeiro em função da salinidade da água de irrigação, aos 16, 32 e 77 dias após semeadura (DAS).

4.1.2.6. Razão de área foliar (RAF)

Conforme o resumo da análise de variância apresentado na Tabela 24, a razão da área foliar sofreu os efeitos da salinidade da água de irrigação (N), a 0,01 de probabilidade. Pelos estudos de regressão, verifica-se ter sido quadrático o efeito da

salinidade sobre a RAF, aos 77 DAS. Segundo o modelo matemático obtido (Figura 12), a RAF cresceu com o aumento da concentração salina da água de irrigação, havendo incremento relativo (comparado a N_1) de 43,38, 78,36, 104,95, 123,14, 132,94, 134,34 e 127,34%, para os tratamentos N_2 , N_3 , N_4 , N_5 , N_6 , N_7 e N_8 , respectivamente.

Pelo modelo matemático obtido (Figura 12), observa-se ter havido incremento da RAF até $6,33 \text{ dS m}^{-1}$, quando então começou a decrescer a RAF com uma redução de 2,98% em relação a N_8 , sendo os valores máximos e mínimos da RAF de 0,22 e $0,09 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de a área foliar ter sido mais afetada que a fitomassa seca total, nos níveis de salinidade mais altos, o que contribuiu para o aumento da RAF, já que esta variável é determinada através da relação entre a área foliar e a fitomassa seca total. Na medida em que a folha cresce, menor é a proporção do material fotossintetizado retido no limbo foliar, ou seja, maior é a exportação de fotoassimilados para outras partes da planta. Portanto, como a RAF é um indicativo da dimensão relativa do aparelho assimilador – relaciona a área foliar com a matéria seca resultante da fotossíntese – valores altos de RAF indicam que os produtos fotoassimilados estão sendo mais utilizados para a formação do aparelho fotossintético. Assim, observando-se os dados de RAF (Tabela 24), constata-se que seus valores foram maiores a partir do nível N_5 , denotando que, com aumento da salinidade, os produtos fotossintetizados foram mais usados no crescimento de folhas.

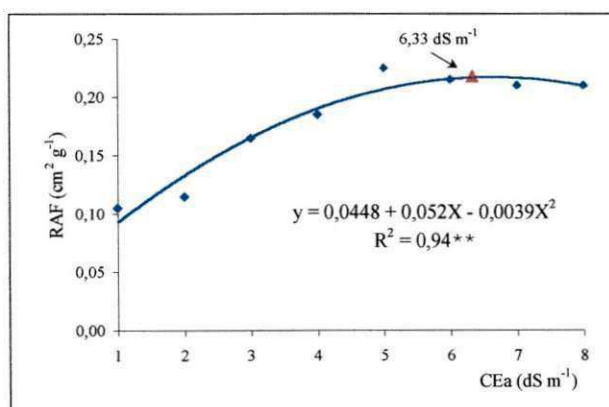


Figura 12. Razão de área foliar (RAF) do maracujazeiro amarelo em função da salinidade da água de irrigação, aos 77 dias após semeadura.

4.1.2.7. Teor de água das folhas (TAF)

Segundo as análises de variância para teor de água das folhas (TAF), avaliado aos 77 DAS, houve efeito significativo da salinidade da água de irrigação (N), ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 24).

Conforme os estudos de regressão, a influência da salinidade sobre o TAF foi linear e crescente ($p < 0,01$). De acordo com a equação obtida (Figura 13), ocorreu aumento no TAF em N₂, N₃, N₄, N₅, N₆, N₇ e N₈ (comparados ao tratamento N₁) de 1,46, 2,92, 4,37, 5,83, 7,29, 8,75 e 10,21%, respectivamente. Constatou-se ainda, mediante o modelo matemático obtido, incremento do teor de água na folha (TAF) de 1,46% por aumento unitário da CE_a.

De acordo com Lima (1997), o fato do teor de água das folhas ter aumentado com o incremento da concentração salina da água de irrigação pode estar relacionado com ajustamento osmótico, na medida em que a planta acumula íons no vacúolo das células ou sintetiza compostos orgânicos, formas de baixar o potencial hídrico interno e garantir a absorção de água para manter a turgescência das células. Contudo, é importante ressaltar que, devido ao aumento da concentração de solutos osmoticamente ativos (diminuição do potencial osmótico), a água no interior das células, embora em maior quantidade, passa a ter um menor estado de energia, diminuindo a sua capacidade de realizar trabalho (Cairo, 1995), refletindo-se em menor crescimento da planta.

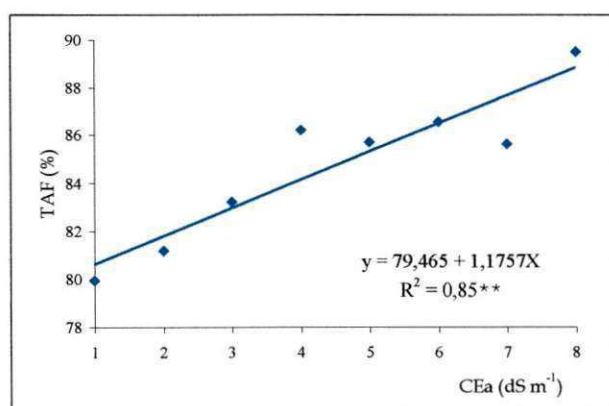


Figura 13. Teor de água das folhas (TAF) do maracujá amarelo em função da salinidade da água de irrigação, aos 77 dias após semeadura (DAS).

4.1.2.8. Teores de sódio, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas folhas e raízes

Na Tabela 26 são apresentados os teores de Na, K, Ca e Mg em folhas e raízes do maracujazeiro amarelo, aos 77 DAS. De início, constata-se que os teores médios entre as folhas e as raízes diminuíram para Na, Ca, Mg, K e S nas proporções de 66,12, 48,51, 45,89, 76,88 e 53,97%, respectivamente. Houve acréscimo nos teores de Na^+ , tanto em folhas como em raízes, sendo o teor em N_8 2,28 vezes maior que N_1 , nas folhas e 4 vezes maior nas raízes. Quanto aos teores de K^+ nas folhas e raízes e as de Ca^{++} e Mg^{++} nas folhas, houve um comportamento inverso ao do Na^+ , decrescendo de forma quadrática nos casos de K^+ e Mg^{++} e com efeito linear para Ca^{++} , com o incremento da salinidade; nas raízes não se verificou regressão significativa para os teores de Ca^{++} e Mg^{++} em função da CE_a (Figura 14).

De acordo com Schoreder et al. (1994), em ambientes salinos onde o Na^+ predomina em relação ao K^+ , a exigência nutricional da planta em relação a este último pode ser prejudicada, sugerindo ser semelhante o mecanismo de absorção desses cátions. De forma idêntica, tem-se verificado que íons de Na^+ geralmente causam distúrbios na nutrição de Ca^{++} , tendo este nutriente o importante papel de controle da permeabilidade seletiva da plasmalema (Cramer et al., 1988).

Através das equações obtida na Figura 14, observa-se que no nível mais baixo de salinidade a quantidades de Na^+ e Ca^{++} nas folhas do maracujá eram praticamente equivalentes (27,54 g kg^{-1} para Na^+ e 31,8 g kg^{-1} para Ca^{++}), porém, o incremento unitário de CE_a promoveu aumento de 18,27 g kg^{-1} de Na^+ , ao mesmo tempo em que o teor de Ca^{++} declinava na base de 6,23 g kg^{-1} . De forma mais severa, a absorção de K^+ foi drasticamente reduzida, mesmo nos níveis mais baixos de salinidade, sendo de 41,1, 56,8, 65,3, 70,8, 77,4 e 79,6% os decréscimos, relativos a N_1 , ocorridos respectivamente nos tratamentos N_2 , N_3 , N_4 , N_5 , N_6 , N_7 e N_8 . Redução no teor de K^+ com o aumento da salinidade da água, foi encontrada por Pasternak & De Malach (1995) em tomateiro e por Bernstein & Francois (1975). Em termos de Mg^{++} , os decréscimos foram, respectivamente, 9,8, 18,0, 24,7, 29,9, 33,6, 35,8 e 36,5%, menores que os observados para K^+ , entretanto, superiores aos do Ca^{++} em quase todos os níveis salinos, com exceção de N_7 e N_8 .

Diminuindo a acumulação de K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} nas plantas e aumentando a concentração de Na^+ , deve ter a plasmalema perdido parte do poder seletivo de absorção

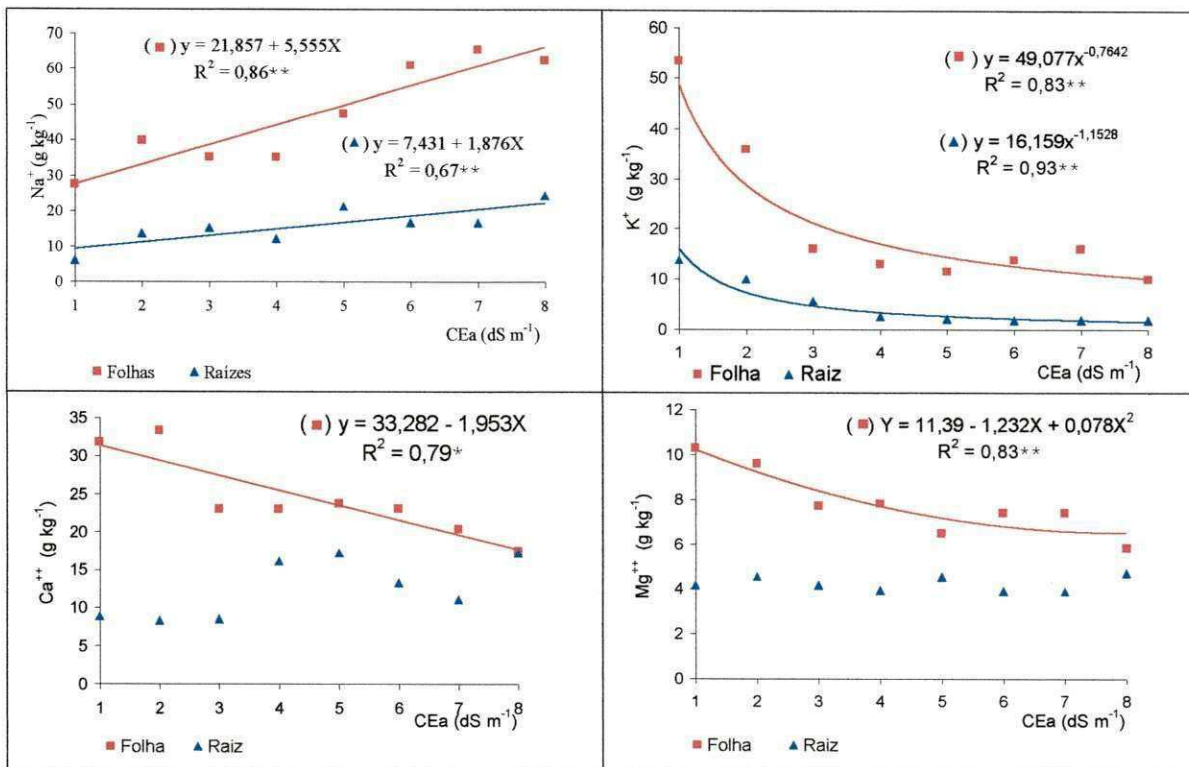


Figura 14. Teores de Na, K, Ca e Mg em folhas e raízes do maracujazeiro aos 77 dias após semeadura (DAS), em função da condutividade elétrica da água (CE_a).

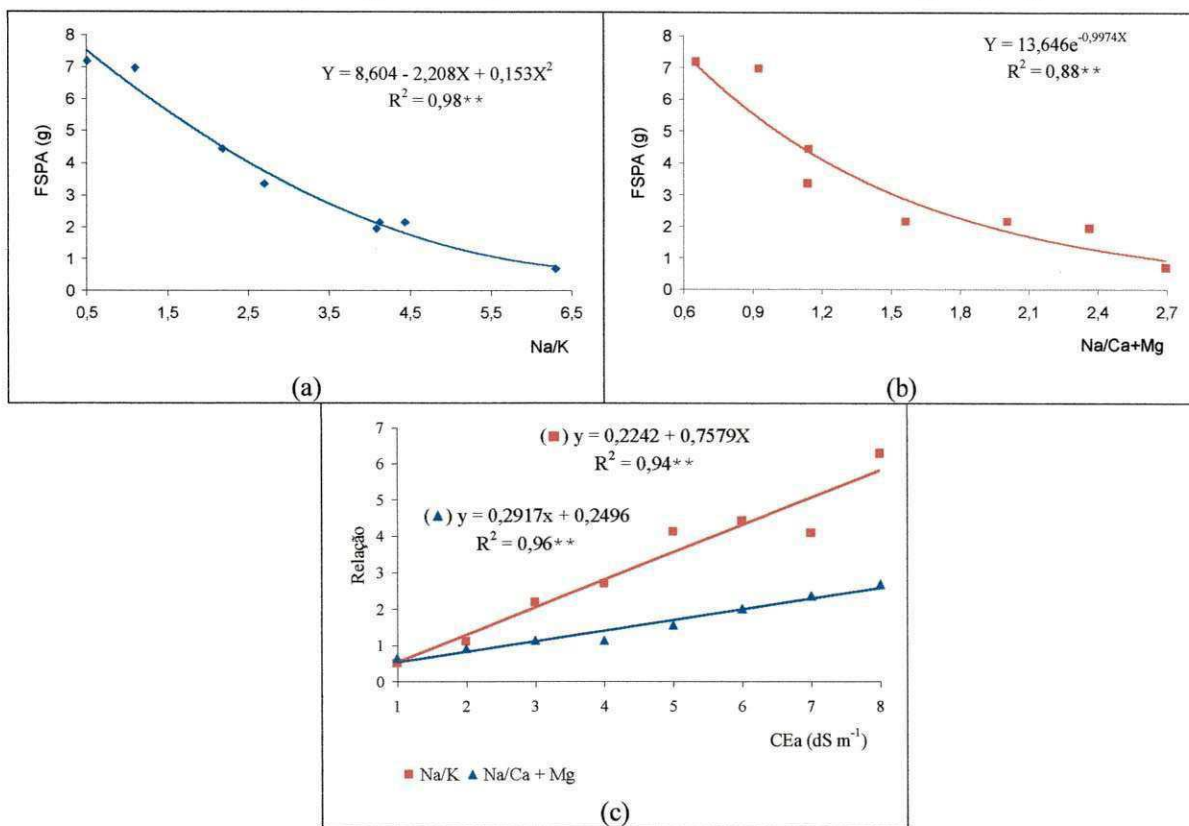


Figura 15. Fitomassa seca de parte aérea (FSPA) e Relação Na/K e Na/(Ca+Mg) em função da salinidade da água (CE_a) aos 77 dias após semeadura, em função das relação citadas.

4.1.3. Condutividade elétrica da água drenada (CE_{ad}) e consumo da água

Com os dados da Tabela 27, observa-se que no primeiro período (0 a 32 DAS), a CE_{ad} foi maior que no segundo período (33 a 77 DAS), com exceção de N_8 , com uma variação temporal de 70,02, 58,17, 47,58, 38,00, 19,87, 13,26 e 20,49%, respectivamente para os níveis de salinidade N_1 , N_2 , N_3 , N_4 , N_5 , N_6 e N_7 , fato explicado pela incorporação de húmus (MO) no substrato utilizado no estudo. O fator de concentração de sais na água de drenagem – FC (relação CE_{ad}/CE_s) baixou com o incremento de salinidade da água, diminuindo do primeiro para o segundo período e, como era esperado, teve uma relação inversa com a fração de lixiviação – FL (Figura 16c, 16d). Nota-se que tanto a FL como o FC diminuíram do primeiro para o segundo período. O fato da concentração de sais na água de drenagem ter diminuído do primeiro para o segundo período pode ser explicado devido as frações de lixiviação serem acima de 0,20, o que promove o equilíbrio dinâmico da salinidade do solo mais rapidamente com a concentração de sais na água. O decréscimo da fração de lixiviação (FL) pode ser explicado pelo menor volume drenado (VD), uma vez que o consumo de água pelas plantas aumentou com o tempo (Tabela 27).

Um importante fator no controle da salinidade em culturas irrigadas é o conhecimento da evapotranspiração da cultura em cada fase de seu desenvolvimento. No presente trabalho, o efeito osmótico pode ser facilmente constatado através da redução do consumo de água pelas plantas, ocorrida com o aumento da salinidade (Figura 16b). Sabe-se que a concentração de sais solúveis na zona radicular reduz o fluxo de água no sentido solo – planta – atmosfera, devido ao efeito osmótico (Rhoades & Loveday, 1990). Baseando-se na Tabela 27, verifica-se decréscimo relativo do consumo de água, entre N_1 e N_8 , de 9,54 e 62,17%, no primeiro e segundo período, respectivamente.

Segundo Doorenbos & Kassam (1994), existe uma relação direta entre a evapotranspiração e o crescimento das plantas; a evapotranspiração é igual a máxima, da mesma forma o crescimento, quando a necessidade hídrica da planta é plenamente satisfeita; ao contrário, quando existe restrição hídrica, ocorre redução do crescimento, fato constatado no presente trabalho, pois com o aumento da CE_s , houve um decréscimo do consumo de água pela planta (Figura 16b).

Considerando que, durante o período de estudo, a umidade no substrato foi mantida próxima à capacidade de retenção máxima, mediante frequência e lâminas de irrigação que proporcionavam drenagem, pode-se dizer que o efeito osmótico foi a causa preponderante de decréscimo do crescimento/desenvolvimento das plantas com a salinidade. Por outro lado, o consumo relativo de água no período de 0 a 32 DAS (Tabela 27) foi semelhante em todos os tratamentos. Convém ressaltar que o período de germinação foi de 16 dias, de modo que a água transpirada pela plântulas nos primeiros dias após a germinação, evidentemente, era de ordem ínfima, quando comparada ao volume evaporado na superfície do solo, onde não foi constatado decréscimo apreciável de consumo, em função da salinidade, no referido período. É interessante observar que a redução da evapotranspiração no período de 33 a 77 DAS seguiu uma tendência quadrática, semelhante à discutida para AP, FSPA e FSR (77 DAS), de modo que o consumo de água pelas plantas submetidas a N_8 foi equivalente a 37,8% da água evapotranspirada em N_1 (Tabela 27), uma comprovação de que o estresse salino induz ao hídrico, com conseqüente redução do crescimento.

Tabela 27. Volume de água aplicado (VA) e drenado (VD) por tratamento, consumo relativo da água pelas plantas (Cons), condutividade elétrica média ponderada (CE_{ad}) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) no primeiro (0 a 32 DAS) e segundo (33 a 77 DAS) período após as sementeira do maracujazeiro.

Níveis salinos	Período de 0 a 32 DAS *					
	VA (mL)	VD (mL)	Cons (mL)	CE_{ad} (dS m ⁻¹)	FC	FL
N_1	12400	5155	7245	10,74	10,74	0,42
N_2	12000	5099	6901	12,91	6,46	0,42
N_3	12000	5054	6946	11,79	3,93	0,42
N_4	12000	5534	6466	12,50	3,13	0,46
N_5	12000	5225	6775	13,99	2,80	0,44
N_6	12000	5202	6798	13,50	2,25	0,43
N_7	12000	5028	6972	15,71	2,24	0,42
N_8	12000	5446	6554	13,88	1,74	0,45
Níveis salinos	Período de 33 a 77 DAS **					
	VA (mL)	VD (mL)	Cons (mL)	CE_{ad} (dS m ⁻¹)	FC	FL
N_1	35629	9639	25990	3,22	3,22	0,27
N_2	31358	8940	22418	5,40	2,70	0,29
N_3	26030	7859	18171	6,18	2,06	0,30
N_4	21903	7284	14619	7,75	1,94	0,33
N_5	19926	6943	12983	11,21	2,24	0,36
N_6	18139	6890	11249	11,71	1,95	0,38
N_7	17636	6691	10945	12,49	1,78	0,38
N_8	16183	6352	9831	14,54	1,82	0,39

* duas repetições por tratamento. ** oito repetições por tratamento

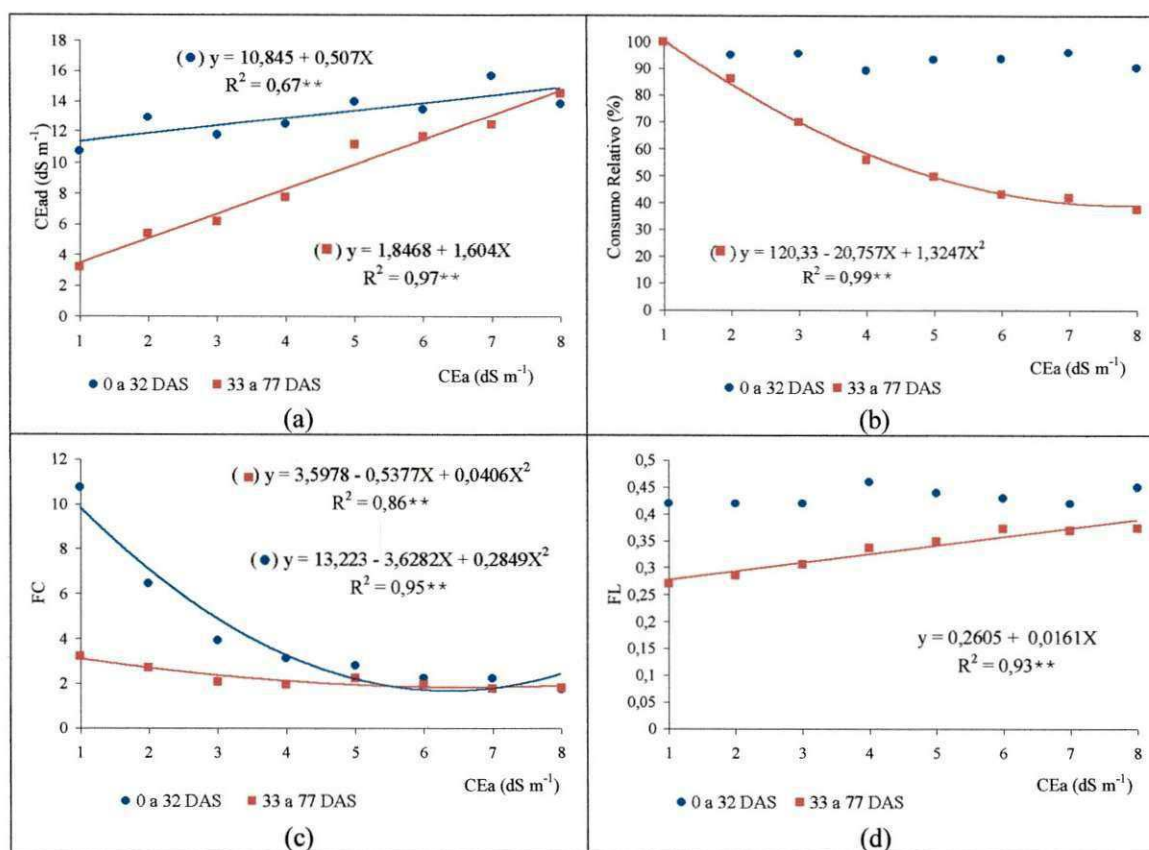


Figura 16. Condutividade elétrica da água drenada – CE_{ad} (a), consumo relativo – (b), fator de concentração – FC (c), fração de lixiviação – FL (d) aos 0 a 32 e 33 a 77 dias após a semeadura do maracujazeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

4.1.4. Salinidade no solo aos 77 dias após o plantio.

De acordo com os resultados de análise do extrato de saturação do solo, aos 77 dias após a semeadura (Tabela 28), à medida que se elevaram os níveis de salinidade, aumentaram também os valores de alguns elementos químicos, tendo os valores médios no nível N_8 aumentado 7,51, 3,87, 2,60, 1,20 e 7,34 vezes em relação a N_1 para Cl, Ca, Mg, K e Na, respectivamente, notando-se grande incremento de Cl e Na. O fator de concentração da CE_{es} ($FC_{es} = CE_{es}/CE_a$) teve uma relação inversa com a salinidade da água de irrigação, (Figura 17b), devido provavelmente ao aumento da fração de lixiviação (FL), motivado pelo incremento da salinidade da água (Figura 16f).

Através da Tabela 28, observa-se que a RAS progrediu de forma acentuada com os níveis crescentes de salinidade, fato supostamente relacionado com a composição da água de irrigação, uma vez que a quantidade de sódio adicionada foi superior a de cálcio e magnésio, o que certamente implica em incremento da RAS. Pelos valores obtidos para a

PST, através da análise de solo, nota-se ter havido problema de sodificação, pois os valores foram superiores a 15%. Os problemas de salinidade se manifestam quando o acúmulo de sais solúveis no solo ultrapassa níveis acima dos tolerados pelas plantas, quando há aumento relativo na concentração de sódio ou quando altas concentrações de íons, em relação a outros, podem causar fitotoxicidade e deficiência induzidas de alguns nutrientes presentes em baixas concentrações (Lauchli & Epstein, 1990). Com base nos resultados, observa-se ter o solo um caráter salino-sódico ($CE_{es} > 2 \text{ dS m}^{-1}$, $PST > 15\%$ e $pH < 8,5$), em conformidade a classificação do solo proposta por Bohn et al. (1985).

Os valores do potencial osmótico (PO) da solução do solo na capacidade de campo (CC), no qual as plantas estavam submetidas aos 77 DAS, foi de aproximadamente 229,02, 370,52, 474,08, 586,41, 886,17, 861,37, 1023,29 e 1058,30 kPa para os tratamentos N₁, N₂, N₃, N₄, N₅, N₆, N₇ e N₈, respectivamente, valores estes obtidos segundo correlação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação e a pressão osmótica contida em Daker (1988), considerando a umidade do solo na capacidade de campo igual à metade da de saturação; constata-se que o efeito osmótico induziu ao estresse salino, fato constatado pela redução do consumo de água pelas plantas com o aumento da salinidade.

Tabela 28. Resultados de análise do extrato de saturação do solo aos 77 DAS.

Característica	Níveis de salinidade								
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈	
pH	7,71	7,64	7,55	7,63	7,58	7,53	7,50	7,48	
CEes (dS.m ⁻¹)	3,14	5,08	6,50	8,04	12,15	11,81	14,03	14,51	
P.O. (kPa) **	229,02	370,52	474,08	586,41	886,17	861,37	1023,29	1058,30	
FC *	3,14	2,54	2,17	2,01	2,43	1,97	2,00	1,81	
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	6,65	10,82	13,50	15,54	18,76	17,57	26,31	27,80	
PST (%)	18,47	27,36	31,16	35,09	41,77	42,37	40,89	42,62	
Ânions (mmol _e L ⁻¹)	Cl	22,92	49,00	69,25	93,50	137,25	129,75	162,63	172,16
	CO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HCO ₃	7,70	6,98	7,08	7,50	7,40	6,70	7,74	6,54
	SO ₄	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus
Cátions (mmol _e L ⁻¹)	Ca	8,42	10,78	11,91	18,63	28,00	26,88	30,61	32,55
	Mg	13,88	20,28	25,06	27,63	27,63	30,95	37,92	36,05
	K	4,65	4,99	6,04	5,79	5,99	5,19	6,26	5,59
	Na	22,19	42,64	58,04	74,71	98,95	94,48	153,99	162,83

* FC = CEes/CEa

** P.O. (kPa) = (0,36 × CEes) × 2 × 101,3

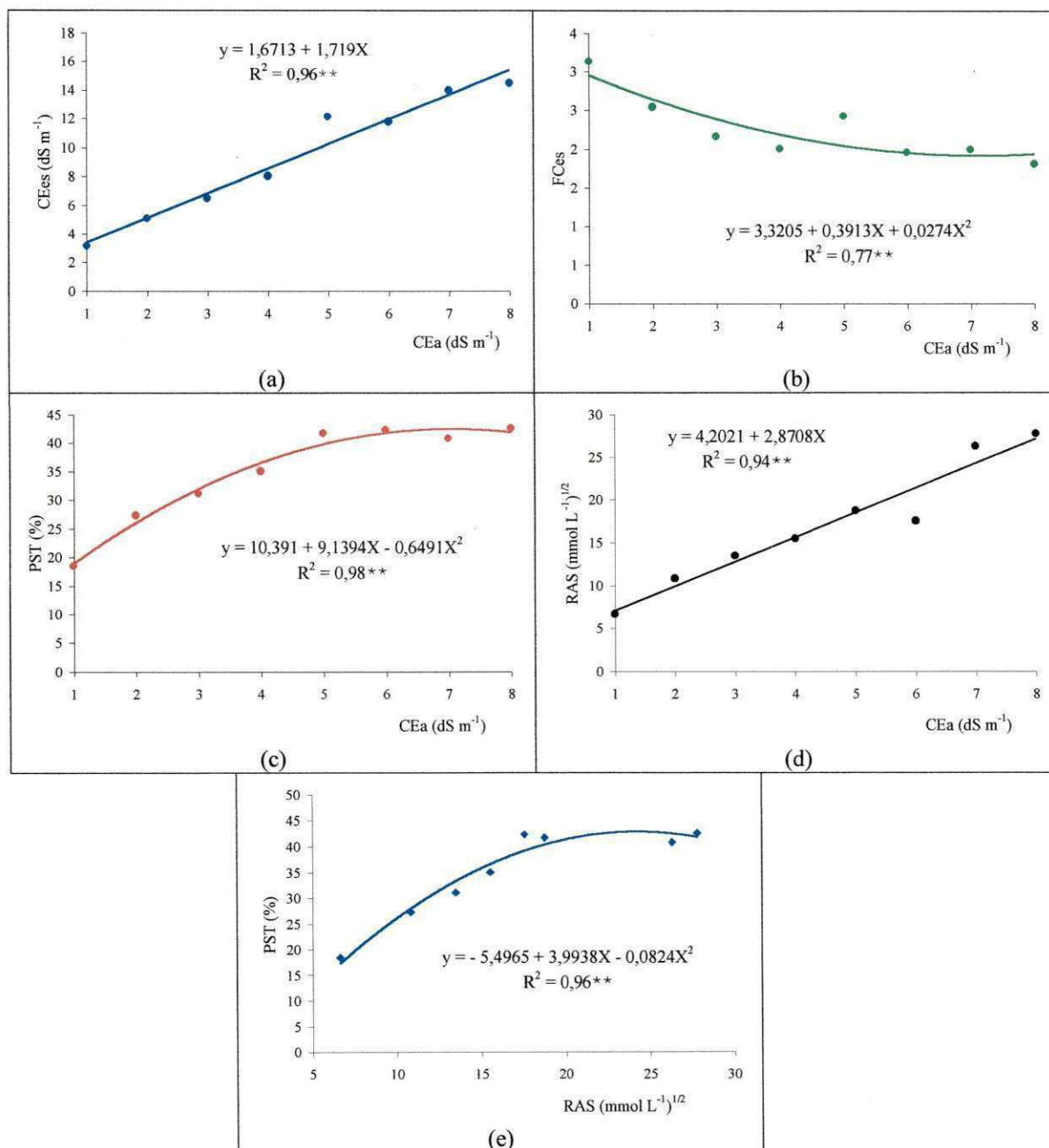


Figura 17. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}), fator de concentração do extrato de saturação (FC_{es}), percentagem de sódio trocável (PST), razão de adsorção de sódio (RAS) e a relação PST e RAS, aos 77 dias após a semeadura do maracujazeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

4.2. ETAPA II

4.2.1. Formação das plantas

4.2.1.1. Tempo de poda da haste principal (TPHP) e dos ramos secundários (TPRS)

Segundo os resultados da análise de variância (Tabela 29), foram detectados efeitos significativo dos níveis salinos sobre o número de dias para se realizar a poda da haste principal (TPHP), ou seja, o tempo em que as plantas atingiram a altura da espaldeira (2,00 m). O efeito da salinidade sobre a velocidade de crescimento das plantas foi linear e crescente ($p < 0,01$), tendo o nível mais alto de salinidade testado nesta segunda etapa (N_5) retardado o crescimento, em termos de dias, em 2,40 vezes em relação a N_1 . Conforme o modelo matemático obtido (Figura 18), o percentual de incremento relativo por aumento unitário da salinidade da água de irrigação para o tempo de poda da haste principal (TPHP) foi de 27,38%.

Em relação ao tempo de poda dos ramos secundários (TPRS), o efeito da salinidade da água de irrigação foi também linear ao nível de 0.01 de probabilidade (Tabela 29). Percebe-se que o tempo para realizar a poda dos ramos secundários foi prolongado, no entanto, em menor intensidade do que o tempo para a poda da haste principal da cultura. Conforme a equação obtida (Figura 18b), houve incremento relativo para TPRS por aumento unitário da salinidade da água de 9,72%, comprovando o supracitado, onde a tempo da poda dos ramos secundários foi $\frac{1}{3}$ menor que a poda da haste principal.

Comparativamente com os resultados obtidos por Andrade (1998), que estudou o efeito do nível de salinidade da água de irrigação (0,5 a 2,5 dS m^{-1}) sobre o crescimento vegetativo do maracujazeiro amarelo, percebe-se que o maracujazeiro nesta etapa, não teve o crescimento reduzido em função da salinidade da água de irrigação, uma vez que, no estudo de Andrade, as plantas necessitaram em média de 60 dias após transplântio para as plantas atingirem 1,70 m e neste estudo, com água de 5 dS m^{-1} , aos 40 dias após o transplântio, as plantas chegaram a uma altura de 2,00 m, denotando, assim, crescimento satisfatório das mudas em relação ao do referido autor.

Tabela 29. Resumo de ANAVA e médias para o tempo de poda da haste principal (TPHP) e tempo de poda dos ramos secundários (TPRS) em condições de casa de vegetação.

Causa de variância	Valores de quadrados médios	
	TPHP	TPRS
Nível salino (N)	316,74 **	263,75 **
Reg. Pol. Linear	879,07 **	723,25 **
Reg. Pol. Quadr.	1,56 ^{ns}	76,65 ^{ns}
Desv. Reg.	161,60 **	105,17 **
Resíduo	12,40	15,58
CV (%)	12,77	7,28

Nível salino (N)	Valores médios	
	dias	dias
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	16,75	46,50
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	23,33	49,33
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	31,75	55,25
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	24,75	51,25
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	40,25	67,50

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

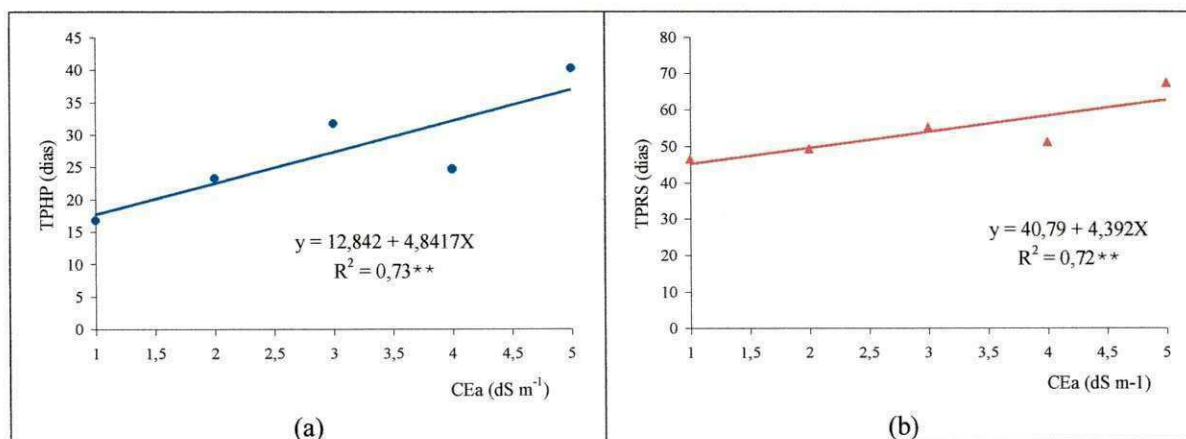


Figura 18. Estudos de regressão significativas para o tempo de poda da haste principal – TPHP (a) e tempo de poda dos ramos secundário – TPRS (b) do maracujazeiro amarelo, em função da salinidade da água de irrigação.

4.2.2. Diâmetro do caule (DC)

De acordo com a análise de variância dos dados (Tabela 30), o diâmetro do caule foi afetado significativamente pela salinidade da água de irrigação, ao nível de 0,01 de probabilidade, nas 5 épocas de avaliações (36, 105, 134, 168 e 198 dias após o transplante). Conforme os estudos de regressão, o efeito foi linear aos 134, 168 e 198 DAT e quadrático aos 36 e 105 DAT, havendo decréscimo na faixa de 23%, baseados nas

médias observadas entre N_1 e N_5 . Percebe-se pelos decréscimos, sensibilidade do maracujazeiro à salinidade.

Verifica-se, através da inclinação das curvas da Figura 19, que o crescimento do maracujazeiro, expresso em termos de diâmetro do caule (DC), que independentemente do tratamento, o incremento do DC ocorreu de forma mais acentuada até 105 DAT e bem mais lenta a partir daí. Os dados correspondente aos tratamentos N_1 , N_2 , N_3 e N_4 , aos 36 DAT, foram muito aproximados, resultando, portanto, em taxas de crescimento semelhantes. As diferenças observadas para os tratamentos salinos, em relação a N_1 , começaram a se acentuar a partir dos 36 DAT. Nesse período (36 DAT), foram observadas menores taxas de crescimento do caule para N_5 , tendo em vista a menor inclinação de sua curva em relação ao eixo X (Figura 19).

Pelos estudos de regressão, segundo o modelo matemático obtido (Figura 20), aos 36 e 105 DAT, ocorreu pequeno acréscimo do DC até CE_a de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ (36 DAT) e 2 dS m^{-1} (105 DAT), que foram os pontos de máximo diâmetro de caule, enquanto nas demais avaliações, os decréscimos relativo a N_1 , para cada incremento unitário de CE_a , foram de 6,13, 6,06 e 6,20% aos 134, 168 e 198 DAT, respectivamente, constatando-se, através dos coeficientes de determinação (R^2), alto grau de associação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e o diâmetro do caule. Conforme as equações de regressão do desdobramento, expostas na Figura 20, o diâmetro do caule obtido com água de CE de 5 dS m^{-1} foi de 21,35, 23,46, 24,51, 24,22 e 24,80% inferior a N_1 , aos 36, 105, 134, 168 e 198 DAT, respectivamente.

Dos poucos trabalhos, encontrados na literatura disponível, a respeito dos efeitos da salinidade sobre o crescimento do diâmetro do caule do maracujazeiro, Andrade (1998) e Sá (1999), utilizando águas de irrigação de 0,5, 1,5 e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, observaram um decréscimo linear relativo para cada incremento de salinidade de água em torno de 2,53 e 2,36%, respectivamente, para o diâmetro do caule aos 60 DAT, enquanto que, neste estudo aos 105 DAT, quando foi utilizada água com CE de 3 dS m^{-1} , obteve-se um decréscimo relativo ao nível mais baixo (1 dS m^{-1}) de 2,29%.

Tabela 30. Resumo de ANOVA e médias para diâmetro do caule (DC), aos 36, 105, 134, 168 e 198 dias após o transplântio da cultura do maracujá, em condições de casa de vegetação.

Cauda de variação	Dias após o transplântio (DAT)				
	36	105	134	168	198
	Valores de quadrados médios				
Nível Salino (N)	0,016 **	0,065 **	0,729 **	0,076 **	0,087 **
Reg., Pol. Linear	0,029 **	0,179 **	0,268 **	0,282 **	0,328 **
Reg. Pol. Quadr.	0,014 *	0,065 **	0,013 ns	0,013 ns	0,001 ns
Desv. Reg.	0,009 *	0,013 ns	0,003 ns	0,001 ns	0,230 ns
Resíduo	0,002	0,006	0,012	0,015	0,017
CV (%)	9,700	6,840	9,090	9,640	9,890
	Valores médios				
cm.....				
Nível Salino (N)					
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	0,525	1,150	1,338	1,400	1,500
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	0,567	1,267	1,333	1,367	1,433
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	0,488	1,175	1,250	1,275	1,300
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	0,538	1,025	1,113	1,200	1,263
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	0,400	0,925	1,025	1,050	1,118

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

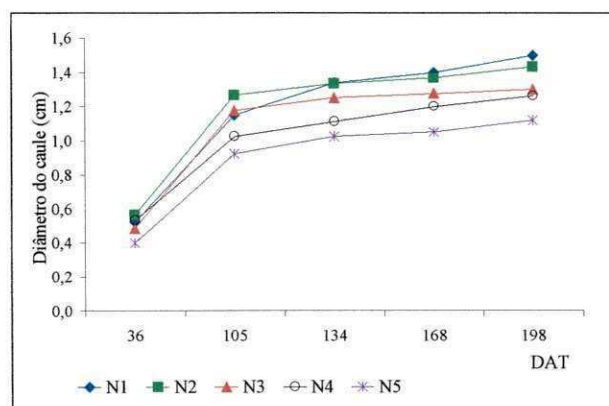


Figura 19. Evolução do diâmetro do caule (DC) do maracujazeiro para cada nível de condutividade elétrica da água de irrigação, em função dos dias após o transplântio (DAT).

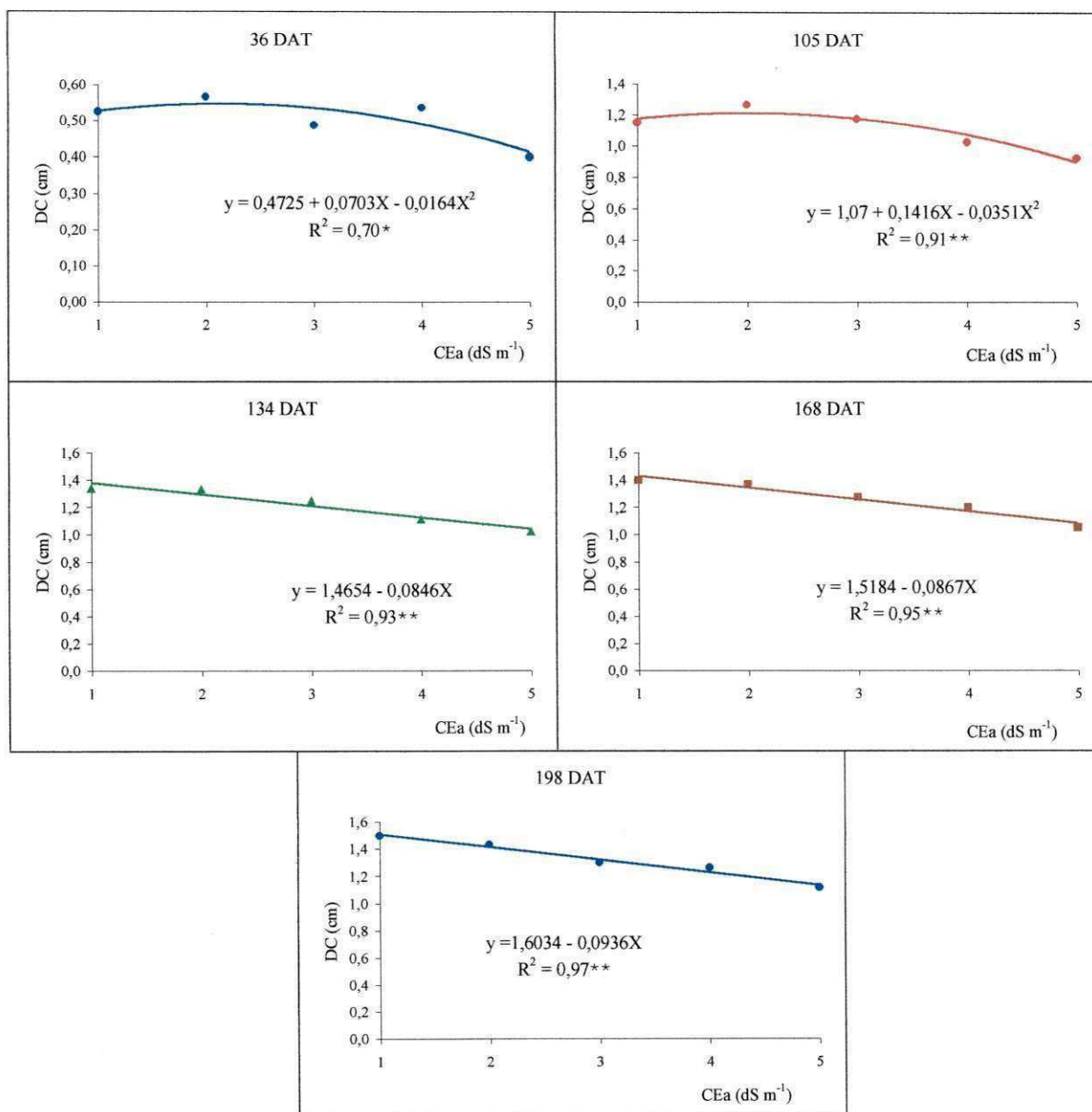


Figura 20. Diâmetro do caule (DC) do maracujazeiro amarelo em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

4.2.3. Número de ramos produtivos (NRP)

Como pode ser observado nos dados da Tabela 31, a salinidade afetou significativamente ($p < 0,01$) o número de ramos produtivos (NRP). Foi interativo o efeito dos níveis salinos (N) e da época de avaliação (T), significando que o crescimento da planta em termos de NRP, variou com a salinidade nas quatro épocas de avaliação. Com base nas médias (Tabela 31), nota-se terem ocorrido decréscimos entre N_1 e os demais níveis de 10,80, 21,03, 15,86 e 43,79% sobre o número de ramos produtivos. O fator época

(T) também foi significativo ($p < 0,01$), verificando-se um número médio de ramos produtivos 1,72 vezes maior em T₄ (72,17%) do que em T₁.

Nota-se, na Tabela 32, que nas duas primeiras épocas de avaliações (60 e 92 DAT), houve efeito significativo da salinidade ($p < 0,01$) enquanto que nas duas últimas avaliações (119 e 194 DAT) o NRP não foi afetado, apesar da análise de regressão polinomial ter acusado efeito linear, em nível de 0,05 de probabilidade, aos 119 DAT. Sá (1999), por sua vez, estudando o comportamento do maracujazeiro amarelo cultivado em recipientes de polietileno, irrigado com água salina, não registrou decréscimo no número dos ramos produtivos durante o período de 60 aos 150 dias após transplantio.

De acordo com as curvas de regressão e os modelos matemáticos (Figura 21) o NRP foi reduzido de forma quadrático aos 60 DAT, apresentando decréscimos, relativos a N₁, de 2,87, 17,87, 45,01 e 84,28%, respectivamente, em N₂, N₃, N₄ e N₅. Nas avaliações aos 92 e 119 DAT, o efeito foi linear, com taxas de decréscimos, relativos ao nível mais baixo (N₁) de salinidade, por incremento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação, de 11,90 e 4,45%, respectivamente.

Com base nas médias de NRP, contidas na Tabela 32, foram constatadas as seguintes reduções (comparadas a N₁), de 8,20, 36,07, 24,59 e 93,44% em T₁, de 12,90, 26,67, 16,00 e 58,67% em T₂, de 13,40, 16,88, 14,29 e 20,78% em T₃ e de 8,21, 7,79, 10,39 e 12,99% em T₄, para os respectivos tratamentos N₂, N₃, N₄ e N₅. O efeito da salinidade aumentou nas três primeiras épocas de avaliação no nível N₂, enquanto nos tratamentos N₃, N₄ e N₅ houve uma recuperação, pois diminuiu o percentual de redução em relação a T₁. As plantas aumentaram o NRP entre T₁ e T₄, nos níveis N₃, N₄ e N₅, de modo que houve diferença significativa entre as médias segundo o teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

O comportamento evolutivo do NRP, em cada nível dos fatores estudados, está apresentado na Figura 22. Independentemente do nível salino, os valores do NRP cresceram da primeira para a segunda época de avaliação (de 60 para 92 DAT), enquanto os níveis N₁, N₂ e N₄ tenderam a se estabelecer a partir dos 92 DAT; os níveis N₃ e N₅ continuaram a crescer até praticamente a última avaliação (194 DAT).

Tabela 31. Resumo de ANAVA e médias para número de ramos produtivos (NRP), relativos aos dados obtidos aos 60, 92, 119 e 194 dias após o transplante do maracujazeiro em condições de casa de vegetação.

Causa de variância	Valores de quadrados médios	
	Número de Ramos Produtivos (NRP)	
Nível Salino (N)	129,89 **	
Época (T)	204,39 **	
N x T	21,75 **	
Resíduo	5,36	
CV (%)	15,73	
	Valores médios	
	Nº	
Nível Salino (N)		
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	18,13	
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	16,17	
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	14,31	
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	15,25	
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	10,19	
Época		
T ₁	10,30 c	
T ₂	14,47 b	
T ₃	16,73 a	
T ₄	17,73 a	

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

Tabela 32. Desdobramento da interação (N x T) e médias para número de ramos produtivos (NRP), relativos aos dados obtidos aos 60, 92, 119 e 194 dias após o transplante do maracujazeiro em condições de casa de vegetação.

Causa de variância	NRP				
	60 DAT	92 DAT	119 DAT	194 DAT	
	Valores de quadrados médios				
N em T	122,82 **	68,19 **	9,13 ns	3,50 ns	
Reg. Pol. Linear	360,38 **	191,25 **	25,01 *	11,00 ns	
Reg. Pol. Quadr.	41,85 *	11,61 ns	3,94 ns	0,67 ns	
Desv. Reg.	35,93 *	28,14 *	2,65 ns	0,74 ns	
Resíduo	6,89	4,55	4,94	5,12	
CV (%)	25,98	14,84	13,28	12,76	
	Valores médios (Nº)				
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	15,25	18,75	19,25	19,25	
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	14,00	16,33	16,67	17,67	
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	9,75	13,75	16,00	17,75	
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	11,50	15,75	16,50	17,25	
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	1,00	7,75	15,25	16,75	
T em N	N₁	N₂	N₃	N₄	N₅
T ₁	15,25 a	14,00 a	9,75 b	11,50 b	1,00 c
T ₂	18,75 a	16,33 a	13,75 ab	15,75 ab	7,75 b
T ₃	19,25 a	16,67 a	16,00 a	16,50 a	15,25 a
T ₄	19,25 a	17,67 a	17,75 a	17,25 a	16,75 a

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

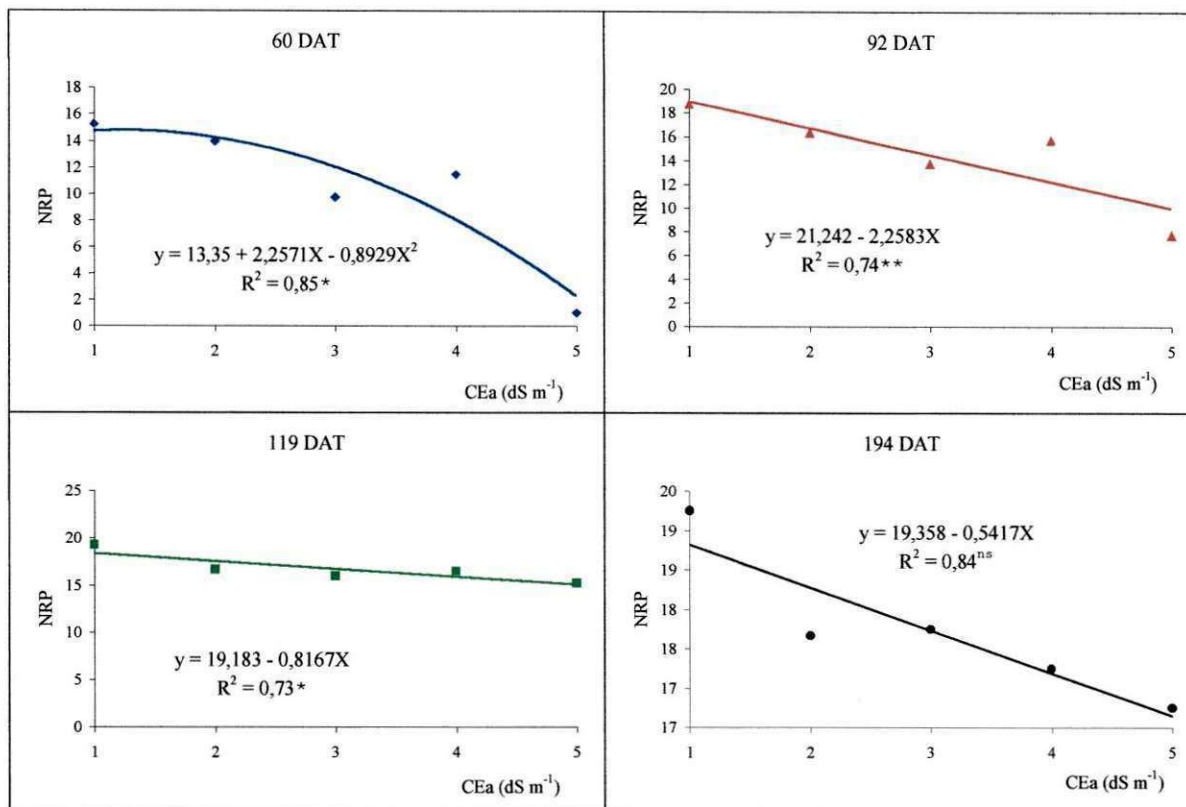


Figura 21. Número de ramos produtivos (NRP), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a) aos 60, 92, 119 e 194 dias após o transplântio (DAT) do maracujazeiro.

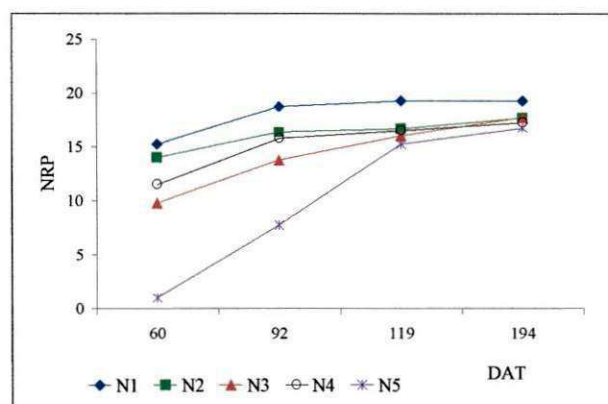


Figura 22. Evolução do número de ramos produtivos (NRP) do maracujazeiro para cada nível de CE_a , em função dos dias após o transplântio (DAT).

4.2.4. Número de frutos total (NFT) e número de frutos comercial (NFC)

Devido à ausência de normalidade dos dados e pelo fato das variâncias das diferentes amostras não terem sido estatisticamente homogênea, optou-se por transformar

os dados das variáveis NFT e NFC em $\sqrt{x+1}$, sendo esta transformação a que melhor se adequou, segundo recomendações contidas em Ferreira (1996).

De acordo com a equação obtida por regressão ($p < 0,01$) (Figura 23a), o NFT sofreu decréscimo relativo, comparado com N_1 , de 5,97% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Através dos valores estimados, para cada tratamento salino, pela regressão, a média geral foi de 5,09 frutos planta⁻¹, sendo o máximo de 5,78 para N_1 e o mínimo de 4,40 frutos planta⁻¹ para N_5 ; o decréscimo relativo no nível N_5 foi de 23,88%.

Por outro lado, o número de frutos comercial (NFC), frutos com massa superior a 87 g, conforme citado no item 3.4.11. de material e métodos, não foi afetado significativamente pela salinidade. Apesar de não ter havido efeito da salinidade sobre o NFC, optou-se por realizar regressão, por ser importante se avaliar a variação ocorrida entre os tratamentos e, ainda mais, por ter ocorrido efeito linear entre os tratamentos (Tabela 33).

Conforme a equação linear obtida, (Figura 23b), o percentual de decréscimo relativo por incremento unitário (CE_a), em relação a N_1 , foi de 5,70%, para o NFC. Pela equação de regressão, foi obtida uma média geral de 4,65 frutos planta⁻¹, sendo o máximo de 5,25 em N_1 e o mínimo de 4,05 frutos planta⁻¹ para N_5 .

Considerando que as análises e a discussão foram baseadas em dados transformados ($\sqrt{x+1}$), ao se recuperar os dados originais, nota-se que o NFT e o NFC sofreram decréscimo relativo, comparado com N_1 , de 10,98 e 10,15%, respectivamente, por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Através dos valores estimados, para cada tratamento salino, pela regressão dos dados originais (não transformados), a média geral de NFT e NFC, respectivamente, foram de 25,47 e 21,87 frutos planta⁻¹, sendo o máximo de 32,63 e 27,43 para N_1 e o mínimo de 18,30 e 16,30 frutos planta⁻¹ em N_5 . Resultado este superior ao de Sá (1999) que estudando o comportamento do maracujazeiro amarelo, irrigado com água salina, obteve uma variação de 8 a 13 frutos por planta e inferiores ao de Andrade (1988), também trabalhando com água salina na irrigação, colheu em média, de 37 a 47 frutos por planta.

Tabela 33. Resumo de ANOVA e médias para número de frutos total (NFT) e número de frutos comercial (NFC) da cultura do maracujá em condições de casa de vegetação.

Causa de variação	Valores de quadrado médio	
	NFT ¹	NFC ¹
Nível Salino (N)	1,36 *	0,94 ^{ns}
Reg., Pol. Linear	4,47 **	3,36 **
Reg. Pol. Quadr.	0,046 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Desv. Reg.	0,51 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Resíduo	0,40	0,30
CV (%)	12,56	11,95
Valores médios		
.....frutos planta ⁻¹		
Nível Salino (N)		
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	5,61 (30,50)	5,26 (26,75)
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	5,77 (32,33)	5,32 (27,33)
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	5,24 (26,50)	4,44 (18,75)
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	4,41 (18,50)	4,58 (20,00)
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	4,52 (19,50)	4,18 (16,50)

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05% de probabilidade.

¹ dados transformados em $\sqrt{X + 1}$.

² Valores dentro dos parênteses correspondem aos dados originais.

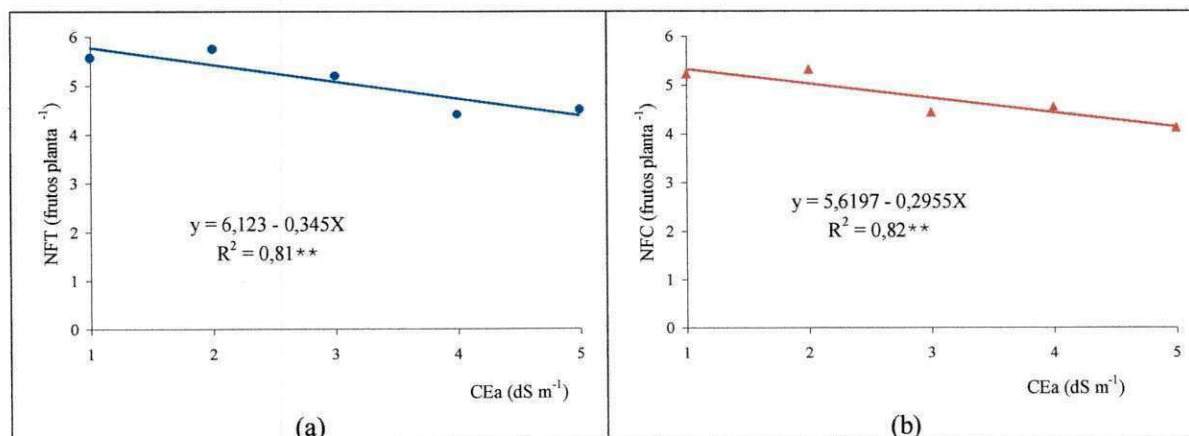


Figura 23. Número de frutos total – NFT (a) e número de frutos comercial – NFC (b) do maracujazeiro, sob condição de casa de vegetação, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

4.2.5. Peso médio dos frutos total (PMFT) e peso médio dos frutos comercial (PMFC)

Conforme a análise de variância (Tabela 34), a salinidade da água de irrigação não interferiu significativamente sobre o peso médio de frutos total (PMFT), ou seja, o PMFT foi semelhante em todos os níveis; mas o peso médio dos frutos comercial (PMFC) foi afetado pela salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$), sendo linear o efeito, segundo os estudos de regressão.

Pela equação obtida (Figura 24a), apesar do PMFT não ter sido afetado pela salinidade, apresentou decréscimos, em relação a N_1 , de 10,37, 16,77, 19,18 e 17,60%, para N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente; no nível de salinidade de 5 dS m^{-1} , o peso médio dos frutos total foi 1,2 vezes menor que em 1 dS m^{-1} .

O PMFC diminuiu linearmente com incremento da salinidade (Figura 24b); em relação a N_1 e, com base nas médias contidas na Tabela 34, verificam-se decréscimos de 4,99, 20,33, 20,68 e 19,39%, para N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente. Segundo o coeficiente angular do modelo matemático obtido, apresentado na Figura 24b, houve uma redução de 5,57% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, comparado com N_1 .

O frutos irrigados com água de 5 dS m^{-1} obtiveram peso de 112,24 g e os irrigados com água de 1 dS m^{-1} foi de 135,79 g, resultados bem superiores aos de Andrade (1998), que irrigando com água de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ obteve frutos de 99 g e com água de 1 dS m^{-1} foi de 105 g.

Tabela 34. Resumo de ANAVA e médias para peso médio dos frutos total (PMFT) e peso médio dos frutos comercial (PMFC) da cultura do maracujá, em condições de casa de vegetação.

Causa de variação	Valores de quadrado médio	
	PMFT	PMFC
Nível Salino (N)	566,61 ^{ns}	802,30 *
Reg., Pol. Linear	1370,13 ^{ns}	2415,80 **
Reg. Pol. Quadr.	393,09 ^{ns}	441,67 ^{ns}
Desv. Reg.	221,76 ^{ns}	145,71 ^{ns}
Resíduo	349,96	247,75
CV (%)	15,67	12,35
	Média	
	g	
Nível Salino (N)		
N_1 (1 dS m^{-1})	135,80	147,35
N_2 (2 dS m^{-1})	128,96	139,99
N_3 (3 dS m^{-1})	106,60	117,39
N_4 (4 dS m^{-1})	115,61	116,87
N_5 (5 dS m^{-1})	112,24	118,78

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

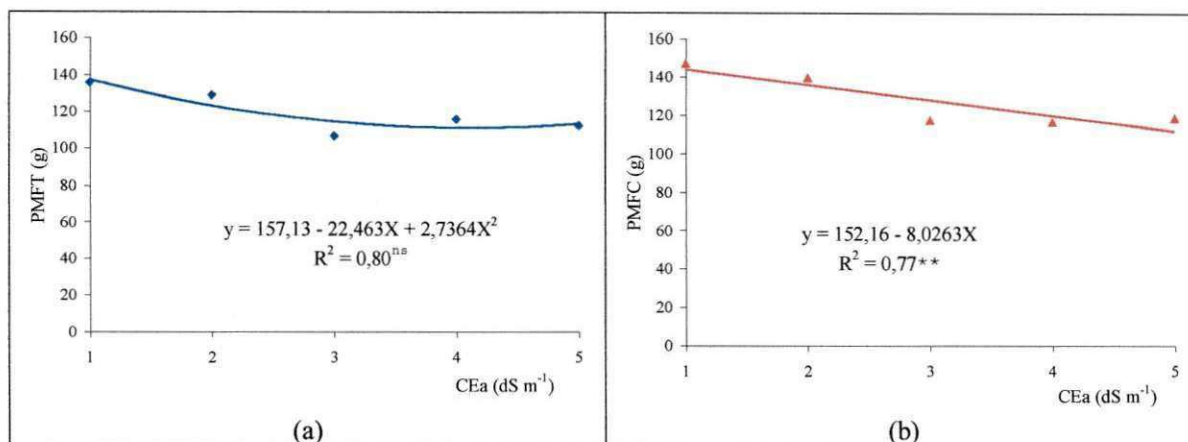


Figura 24. Peso médio dos frutos total – PMFT (a) e peso médio dos frutos comercial – PMFC (b) do maracujazeiro, sob condição de casa de vegetação, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

4.2.6. Produção total (PT) e produção comercial (PC)

Conforme a análise de variância (Tabela 35), a salinidade da água de irrigação interferiu significativamente sobre a produção total (PT), ou seja, o PT diferiu em todos os níveis.

Segundo a equação obtida por regressão, significativa ao nível de 0,01 de probabilidade (Figura 25a), a produção total (PT) foi afetada pela salinidade ($p < 0,01$), ocorrendo decréscimo relativo, comparado com N_1 , de 13,67% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Através dos valores estimados, para cada tratamento salino, pela regressão, a média geral foi de $3026,57 \text{ g planta}^{-1}$, sendo o máximo de 4165,33 para N_1 e o mínimo de $1887,80 \text{ g planta}^{-1}$ em N_5 . O decréscimo relativo no nível N_5 foi de 54,68%, em relação a N_1 .

De forma semelhante, a produção comercial (PC) também foi afetada pela salinidade da água, ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 35). A produção comercial diminuiu linearmente com o incremento de salinidade, em relação a N_1 . Com base nas médias contidas na Tabela 35, observa-se que houve decréscimos de 4,79, 42,62, 46,52 e 47,69%, para N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente. Segundo o modelo matemático obtido, apresentado na Figura 25b, houve uma redução de 13,84% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, comparado a N_1 .

Tabela 35. Resumo de ANAVA e médias para produção total (PT) e produção comercial (PC) da cultura do maracujazeiro em condições de casa de vegetação.

Causa de variação	Valores de quadrado médio	
	PT	PC
Nível Salino (N)	3475870,16 **	3059214,61 **
Reg., Pol. Linear	12157401,76 **	10169271,09 **
Reg. Pol. Quadr.	393,09 ns	441,67 ns
Desv. Reg.	243610,74 ns	718480,15 ns
Resíduo	339673,23	370451,32
CV (%)	19,60	22,75
Valores médios		
.....g.....		
Nível Salino (N)		
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	4079,25	3797,75
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	4027,33	3616,00
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	2725,75	2179,25
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	2109,00	2031,00
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	2191,50	1986,50

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

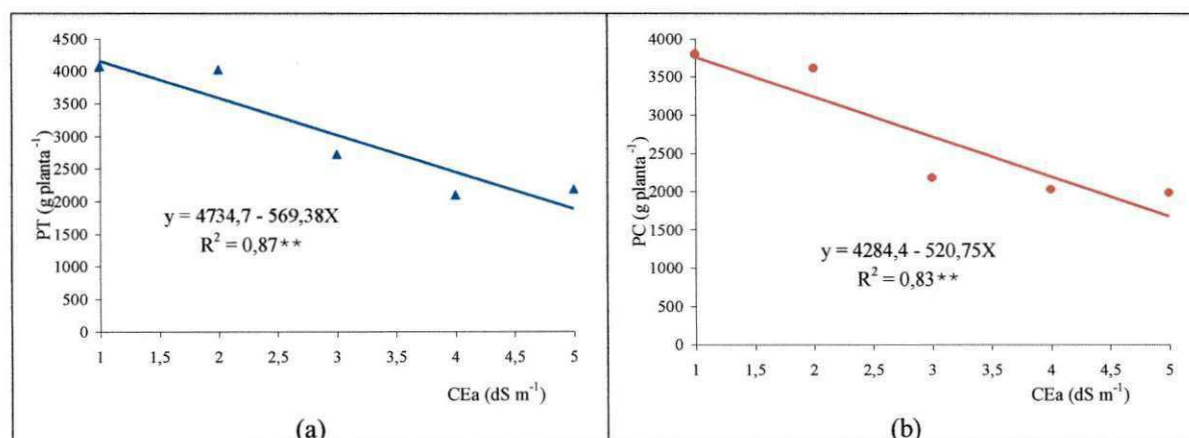


Figura 25. Produção total – PT (a) e produção comercial – PC (b) do maracujazeiro, sob condições de casa de vegetação, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a).

Em termos globais, a produção comercial foi baixa, oscilando de 3,797 kg planta⁻¹ a 1,986 kg planta⁻¹ em relação aos 4 kg planta⁻¹ obtidos por Andrade (1998), que estudou a resposta do maracujazeiro amarelo com águas salinas, como também aos 12,5 kg obtidos por Matsunaga et al. (1971); os 13,5 kg apresentados por Costa (1994) e os 7,3 kg por Queirós (1997), foram obtidos com cultivos irrigados com água sem restrição de salinidade, trabalhando também com o maracujazeiro amarelo. O fato da produção ter sido baixa pode ser devido ao efeito acumulativo dos decréscimos ocorridos sobre as duas componentes de produção, ou seja, o número de frutos e o peso médio dos frutos, sobretudo, em termos comerciais, ocasionando uma maior taxa de decréscimo sobre a

produção; embora estatisticamente, como já discutido, não tenha ocorrido variação do PMFT, mas pela médias constata-se redução desta variável com a condutividade elétrica da água de irrigação superior a 2 dS m^{-1} .

4.2.7. Condutividade elétrica da água drenada (CE_{ad}) e consumo da água

Após o transplântio, foi feito o controle da condutividade elétrica da água drenada (CE_{ad}), obtendo-se os dados apresentados na Tabela 36, onde se verifica que a CE_{ad} sofreu efeito linear altamente significativo ao nível de 0,01 de probabilidade. A CE_{ad} , logicamente, aumentou à medida que a condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a) aumentava, com elevado grau de associação entre as duas condutividades, uma vez que os coeficientes de determinação foram em torno de 95% (Figura 26a), ou seja, a variação da CE_{ad} pode ser explicada em 95% pela variação da CE_a . Com base nos modelos matemáticos, a taxa de incremento na CE_{ad} por incremento unitário da CE_a foi de 29,42%.

O fator de concentração de sais na água de drenagem – FC (relação CE_{ad}/CE_a) diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação, com um FC médio de 5,13, e teve uma relação inversa com a fração de lixiviação – FL (Figura 26c). O fato da concentração de sais na água de drenagem ter diminuído com o aumento da salinidade da água de irrigação, pode ser explicado pela lixiviação contínua, tendendo a um equilíbrio com a concentração de sais na água.

O consumo de água pelo sistema solo-planta decresceu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 26b). De acordo com Rhoades & Loveday (1990), a concentração de sais solúveis na zona radicular reduz o fluxo de água na planta, devido ao efeito osmótico. No presente trabalho, o efeito osmótico pode ser constatado através da redução do consumo de água pelas plantas. Nota-se na Figura 26b, que o consumo relativo de água nos níveis de salinidade, comparado com N_1 , decresceu 11,95% por aumento unitário de CE_a . Com base nas médias apresentados na Tabela 36, constata-se que o consumo em N_1 foi 1,85 vezes maior que em N_5 , indicando que as plantas sofreram estresse hídrico, induzido pelo estresse salino (seca fisiológica), ocorrido pela redução do potencial osmótico da solução do solo, observação que esta de acordo com citações de Menguel & Kirkby (1987).

Pela Tabela 36, constata-se que a eficiência de uso da água de irrigação, em gramas de frutos por litro de água aplicada, não diferiu estatisticamente entre os níveis de salinidade, denotando que a redução do consumo de água exerceu uma certa influência na eficiência de uso de água.

Tabela 36. Resumo de ANAVA e médias do volume de água aplicado (VA) e drenado (VD), consumo pela planta (Cons) por tratamento, condutividade elétrica da água drenada – média ponderada (CE_{ad}), fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e eficiência de uso da água de irrigação aplicada (EUA).

Causa de variação	Valores de quadrados médios						
	VA (L)	VD (L)	Cons (L)	CE _{ad}	FC	FL	EUA [*]
Nível Salino (N)	14263,74**	214,09**	19980,15**	62,87**	11,28**	0,009**	6,00 ^{ns}
Reg., Pol. Linear	54380,86**	797,44**	76587,15**	230,36**	37,30**	0,035**	13,34*
Reg. Pol. Quadr.	47,40 ^{ns}	37,22 ^{ns}	187,59 ^{ns}	9,87 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,015*	0,76 ^{ns}
Desv. Reg.	195,78 ^{ns}	0,54 ^{ns}	188,15 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,000 ^{ns}	5,83 ^{ns}
Resíduo	508,91	25,51	66,05	3,90	0,94	0,0003	2,79
CV (%)	6,77	11,80	2,85	14,59	18,98	11,46	18,75
	Valores médios						
	L	L	L	dS m ⁻¹			g fruto L ⁻¹
Nível Salino (N)							
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	414,56	35,06	379,50	7,85	7,85	0,09	9,84
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	372,08	36,73	335,34	10,66	5,33	0,10	10,83
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	327,85	41,20	286,66	14,53	4,84	0,12	8,31
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	304,23	46,09	233,14	16,60	4,15	0,16	7,55
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	258,08	53,44	204,64	17,27	3,46	0,21	8,50

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

$$\text{Eficiência de uso de água em gramas de fruto por litro de água aplicada} = \frac{\text{Produção}}{\text{Volume Aplicado}}$$

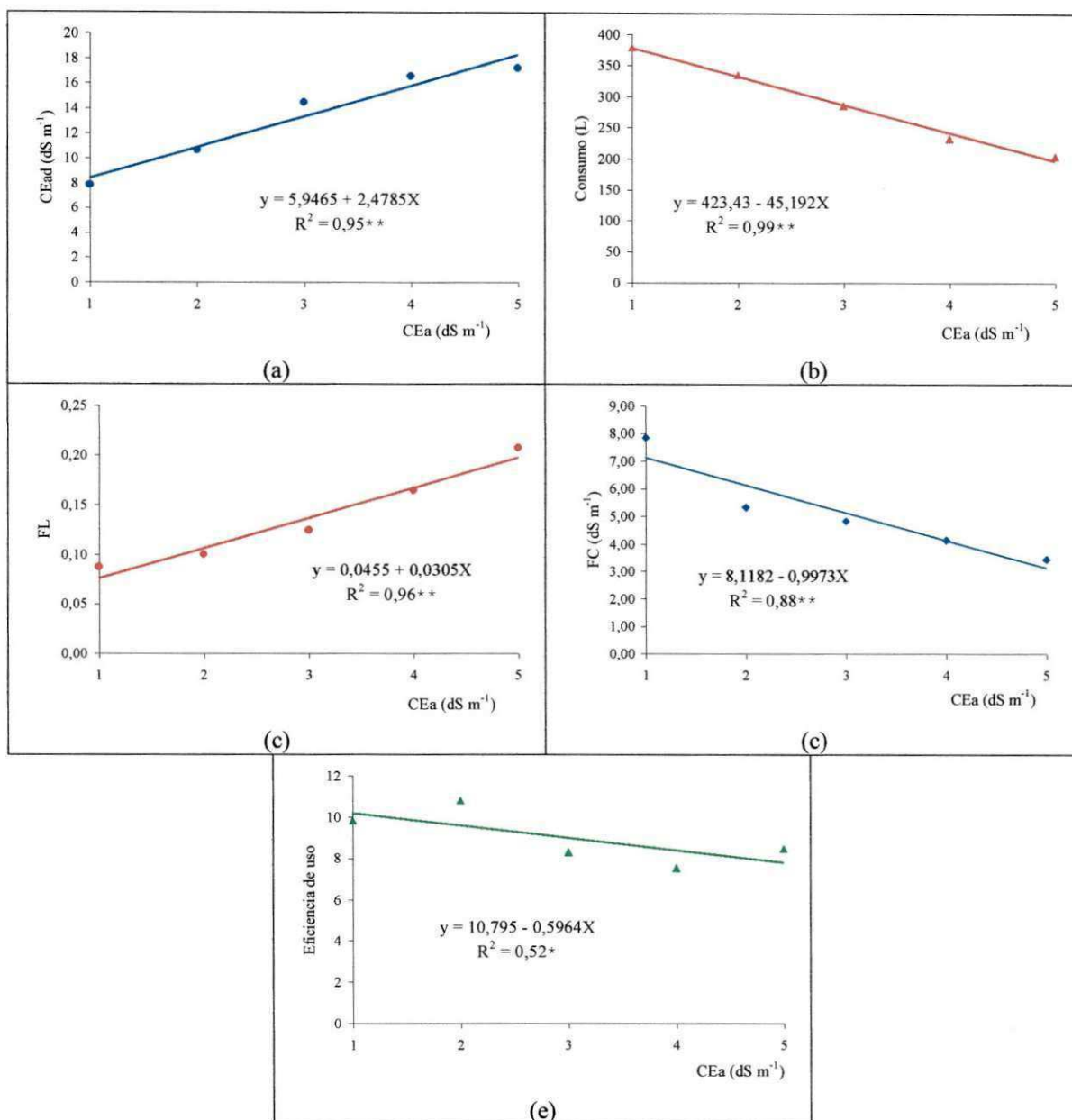


Figura 26. Condutividade elétrica da água drenada – CE_{ad} (a), consumo – (b), fator de lixiviação – FL (c), fração de concentração – FC (d) e eficiência de uso da água de irrigação em gramas de fruto por litro de água aplicado – (e) na cultura do maracujazeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

4.2.8. Análise do solo

Os problemas da salinidade se manifestam quando o acúmulo de sais solúveis no solo ultrapassa níveis acima dos toleráveis pelas plantas, quando há aumento relativo na concentração de sódio ou quando concentrações de íons específicos provocam fitotoxicidade ou desbalanceamento nutricional.

A Figura 27 mostra a evolução dos perfis de salinidade aos 138 e 276 dias após o transplântio (DAT), em função da água utilizada na irrigação. Constatase que, aos 276 DAT, houve aumento da salinidade ao longo do perfil, em todos os níveis; comportamento idêntico aos 138 DAT, porém com menor intensidade, sendo o acúmulo de sais na profundidade de 20 – 40 cm superior ao da superfície do solo (0 – 20 cm). Geralmente, em cultivos irrigados, onde não se protege o solo das perdas de água por evaporação e por infiltração lateral, a condutividade elétrica é maior na superfície (Dias, 1998). No caso em estudo, com perdas por infiltração lateral quase nulas, o carreamento provocou o acúmulo de sais nas camadas mais profundas do perfil, como inclusive é observado na superioridade da condutividade elétrica nos tratamentos mais salinos (Tabela 37). Comparando-se o efeito dos tratamentos na evolução dos perfis de salinidade, pode-se concluir que o aumento foi diretamente relacionado à concentração de sais na água de irrigação. Esta situação manteve a salinidade em concentração excessiva na zona radicular, causando, como consequência a redução do número de frutos e da produtividade.

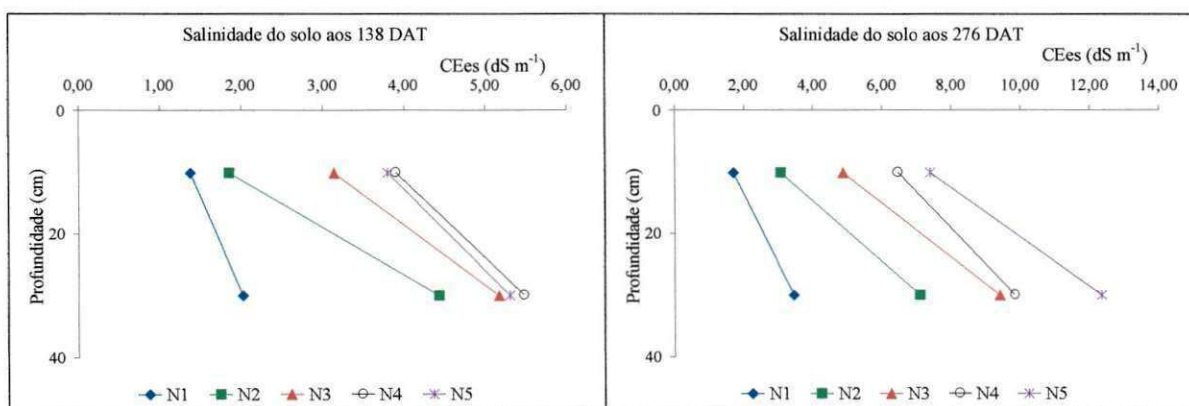


Figura 27. Evolução dos perfis de salinidade do solo, aos 138 e 276 dias após o transplântio (DAT), sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no cultivo do maracujazeiro.

No geral, a principal influência da salinidade da água de irrigação foi ter produzido valores de salinidade do solo maiores nos níveis de salinidade mais elevados desde o início do cultivo. Ao se verificar que o solo inicialmente possuía uma condutividade elétrica de $0,86 \text{ dS m}^{-1}$ (Apêndice 2) e, ao final do ensaio, atingiu valores de $3,45$ a $12,36 \text{ dS m}^{-1}$, denotando-se, nas 2 profundidades estudadas, nos períodos de 138 e 276 DAT, houve acúmulo de sais no solo em relação ao solo inicial, sendo diretamente proporcionais aos níveis de salinidade da água de irrigação, e que a intensidade de acumulação foi maior aos 276 DAT, mais notadamente na profundidade de 20 – 40 cm,

tendo a CE_{es} atingido valores superiores a 12 dS m^{-1} , no maior nível de salinidade de água (5 dS m^{-1}). Com base nesses resultados, foi possível constatar que as águas de irrigação, independentemente do teor iônico, aumentaram excessivamente a concentração salina do solo, sendo esse aumento mais pronunciado nos primeiros 138 dias (do transplante aos 138 DAT), com incremento relativo na CE_{es} , comparado com a CE_{es} inicial de 135,27, 415,50, 501,16, 536,83 e 516,28% para N_1 , N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente, contra os 70,39, 60,45, 81,82, 79,76 e 133,25% do últimos 138 dias (Tabela 37).

Conforme o resumo da análise de variância, apresentado na Tabela 37, houve efeito significativo da salinidade da água de irrigação ao nível de 0,01 de probabilidade sobre a salinidade do solo. Pelos estudos de regressão, verifica-se ter sido quadrático o efeito da salinidade da água sobre a salinidade do solo (CE_{es}) aos 138 DAT e linear aos 276 DAT. Segundo os modelos matemáticos obtidos, a CE_{es} aos 138 e 276 DAT cresceu com o aumento da concentração salina da água de irrigação, havendo incremento médio relativo, entre as duas profundidades (0 – 20 e 20 – 40 cm), comparados a N_1 , de 89,11 e 65,73, 149,68 e 131,46, 181,72 e 197,18 e de 185,23 e 262,91%, para os tratamentos N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , aos 138 e 276 DAT, respectivamente (Figura 28a e b). Constatando-se, ainda taxas de incremento na CE_{es} por aumento unitário da CE_a de 83,87% para a profundidade de 0 – 20 cm e de 47,58% de 20 – 40 cm aos 276 DAT.

Os valores de RAS, em função dos níveis de salinidade de água de irrigação, aumentaram nas duas avaliações. Os aumentos mais acentuados foram verificados aos 276 DAT, na camada de 20 – 40 cm, onde também foram encontrados os maiores valores de CE_{es} (Figura 28 b e f), tendo a RAS atingindo valores superiores a 18 e 25 $(\text{mmol}_e \text{ L}^{-1})^{1/2}$, no nível N_5 , aos 138 e 276 DAT respectivamente. Os aumentos dos valores de RAS foram devido aos aumentos de sódio solúvel na solução do solo, que atingiram valores médios, de 49 e 128 $\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$, na camada de 20 – 40 cm, aos 138 e 276 DAT, respectivamente (Tabela 38), uma consequência da aplicação de águas salinas preparadas a base de cloreto de sódio. Na profundidade de 20 – 40 cm, os aumentos dos valores de RAS, aos 138 e 276 DAT, foram superiores aos de 0 – 20 cm, possivelmente por ter havido lixiviação de sais carregados com sódio para a referida camada, aumentando, conseqüentemente, o valor da RAS. Os aumentos da CE_{es} do solo, discutidos anteriormente, também contribuíram para a ocorrência deste fato.

Na Figura 28 g e h, observa-se que mais de 90% da variabilidade na PST pode ser atribuída as mudanças nos valores de RAS do extrato de saturação, permitindo assim, afirmar que os aumentos da RAS do solo, verificados aos 276 DAT, em consequência do uso de águas salinas, comprometeram o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois alcançaram o valor $> 13 \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$, limite recomendado pela SSSA (1976) para solos sódicos.

As variações de pH da pasta saturada, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação, não foram acentuadas, ficando seus valores entre 5,61 e 6,89, sem uma tendência de aumento ou diminuição com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 37). Quanto às épocas de coleta do solo, observou-se que, o pH do solo na camada de 0 – 20 cm foi ligeiramente superior a camada de 20 – 40 cm, tanto aos 138 DAT como aos 276 DAT, provavelmente como consequência dos acúmulos de sais no solo provocados pelas irrigações, estando de acordo com Brady & Buckman (1979), que afirmam que qualquer processo que estimule a manutenção ou a formação de certas bases, como cálcio, magnésio, potássio e sódio, contribuirá para o aumento da alcalinidade.

Com base nesses resultados, foi possível constatar que as lâminas de irrigações não foram suficientes para proporcionarem lixiviações adequadas de sais no solo, mais notadamente aos 276 DAT.

Tabela 37. Resumo de ANAVA e médias para o pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), percentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS) aos 138 e 276 dias após o transplatio.

Variáveis	Quadrados médios					
	Profundidade (cm)	Dias após transplatio	pH	CEes (dS m ⁻¹)	PST (%)	RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}
Nível Salino (NS)	0-20 cm	138 DAT	0,02 ^{ns}	5,00**	62,67**	33,68**
		276DAT	0,02 ^{ns}	21,24**	171,11 ^{ns}	73,85**
	20-40 cm	138 DAT	0,08 ^{ns}	6,13**	95,43**	69,22*
		276DAT	0,08 ^{ns}	44,51**	552,27*	130,85**
Reg. Pol. Linear	0-20 cm	138 DAT	0,05 ^{ns}	17,84**	214,94**	125,60**
		276DAT	0,00 ^{ns}	81,54**	612,62*	249,31**
	20-40 cm	138 DAT	0,09 ^{ns}	17,31**	301,15**	197,11**
		276DAT	0,07 ^{ns}	158,54**	2172,43**	422,16**
Reg. Pol. Quadra.	0-20 cm	138 DAT	0,01 ^{ns}	0,76*	8,73 ^{ns}	7,86**
		276DAT	0,50 ^{ns}	0,30 ^{ns}	30,56 ^{ns}	0,88 ^{ns}
	20-40 cm	138 DAT	0,00 ^{ns}	6,73**	57,70**	0,75 ^{ns}
		276DAT	0,11 ^{ns}	4,59 ^{ns}	12,18 ^{ns}	0,67 ^{ns}
Desvio Regres.	0-20 cm	138 DAT	0,01 ^{ns}	0,54 ^{ns}	10,93 ^{ns}	0,01 ^{ns}
		276DAT	0,02 ^{ns}	0,22 ^{ns}	6,96 ^{ns}	0,57 ^{ns}
	20-40 cm	138 DAT	0,06 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,54 ^{ns}	15,92**
		276DAT	0,06 ^{ns}	2,75 ^{ns}	35,42 ^{ns}	20,99 ^{ns}
QM	0-20 cm	138 DAT	0,01	0,15	3,63	0,23
		276DAT	0,02	0,82	116,09	0,85
	20-40 cm	138 DAT	0,07	0,30	3,96	1,80
		276DAT	0,14	2,34	144,24	8,86
CV (%)	0-20 cm	138 DAT	1,80	13,52	21,51	5,97
		276DAT	2,32	18,86	39,70	7,57
	20-40 cm	138 DAT	4,59	12,17	16,78	12,65
		276DAT	6,11	17,97	53,09	17,57
Médias						
			dS m ⁻¹		%	(mmol L ⁻¹) ^{1/2}
N ₁	0-20 cm	138 DAT	6,74	1,38	2,95	3,14
		276 DAT	6,97	1,72	16,08	5,86
	20-40 cm	138 DAT	5,71	2,02	3,78	4,61
		276 DAT	5,96	3,45	5,43	9,16
N ₂	0-20 cm	138 DAT	6,63	1,86	6,23	6,63
		276 DAT	6,74	3,08	23,18	10,49
	20-40 cm	138 DAT	5,62	4,43	5,43	11,19
		276 DAT	6,25	7,11	16,67	15,43
N ₃	0-20 cm	138 DAT	6,57	3,15	9,11	9,20
		276 DAT	6,84	4,89	30,33	13,34
	20-40 cm	138 DAT	5,65	5,17	9,18	12,25
		276 DAT	6,13	9,40	18,39	16,80
N ₄	0-20 cm	138 DAT	6,62	3,90	11,16	10,99
		276 DAT	6,88	6,45	31,11	16,31
	20-40 cm	138 DAT	5,99	5,48	13,21	12,34
		276 DAT	6,34	9,85	33,15	17,99
N ₅	0-20 cm	138 DAT	6,56	3,81	14,19	11,69
		276 DAT	6,89	7,40	35,27	19,70
	20-40 cm	138 DAT	5,77	5,30	11,86	18,37
		276 DAT	6,14	12,36	41,82	25,17

(*)(**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

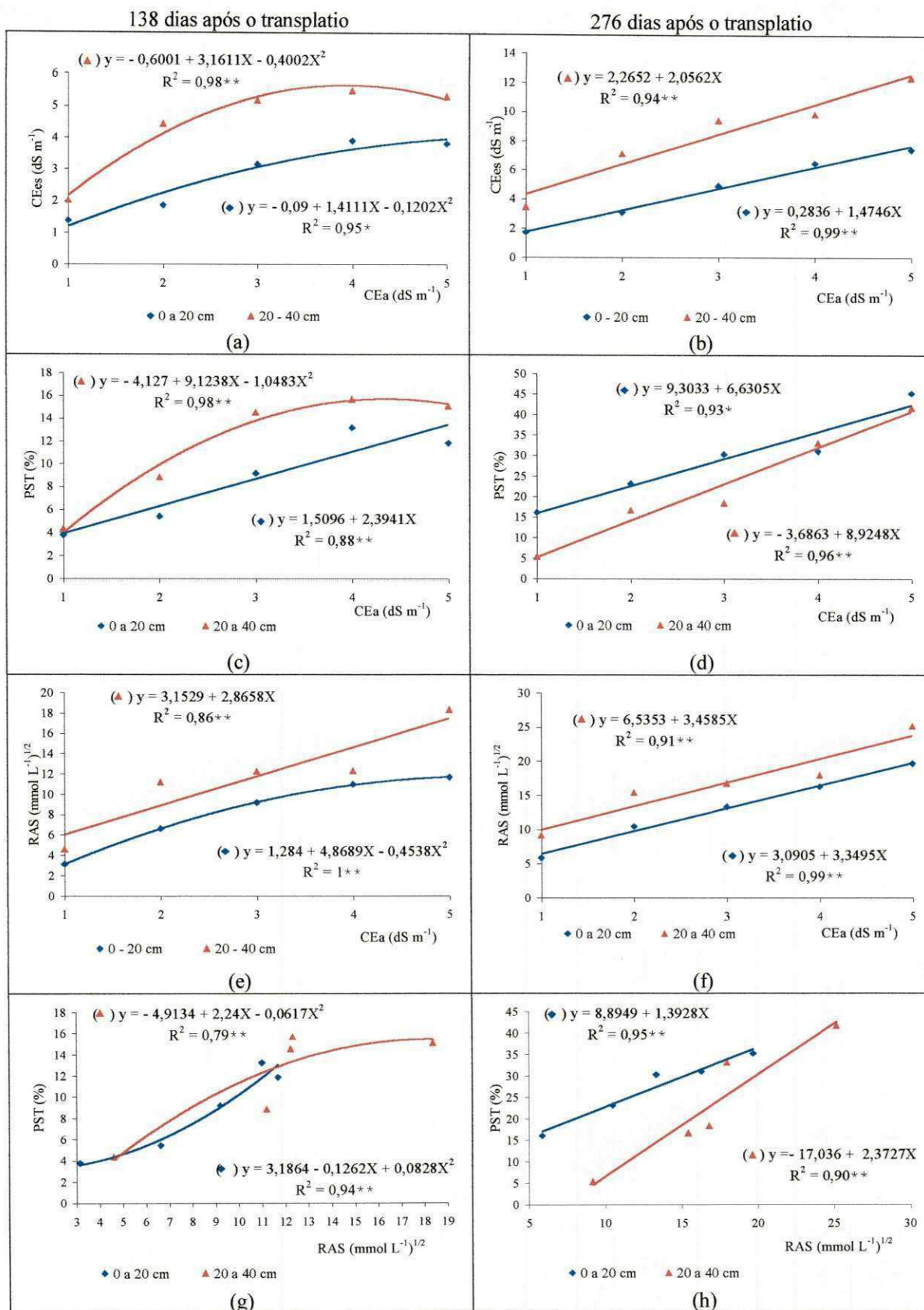


Figura 28. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), percentagem de sódio trocável (PST), razão de adsorção de sódio (RAS) e a relação da PST – RAS para diferentes camadas de solo para 138 e 276 dias após o transplatio (DAT), em função da condutividade da água de irrigação.

Pela Tabela 38 constata-se ter havido efeito significativo da salinidade da água de irrigação aos 138 e 276 dias após o transplântio, para Cl, Na, Ca e K, já no Mg, apenas na profundidade de 0 – 20 cm aos 276 DAT foi não significativo. De acordo com as equações obtidas (Figura 29a), no Cl aos 138 DAT, N_1 foi 3,51 e 2,26 vezes menor que N_2 , e para N_5 , N_1 foi 7,74 e 3 vezes inferior, para as profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm, respectivamente, e aos 276 DAT, para cada incremento unitário de CE_a , acima de N_1 , houve acréscimo de 97,52 e 56,28%, respectivamente, para as profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm (Figura 29b). Para o Mg, os aumentos, (comparados a N_1), foram de 59,27 e 36,61% em N_2 e de 128,99 e 40,48 em N_5 , para 138 DAT e de 14,88 e 14,96% para cada incremento unitário de CE_a , aos 276 DAT, nas mesmas profundidades (Figura 29c e 29d). Segundo os modelos matemáticos obtidos aos 138 DAT (Figura 29e), as taxas de incremento de Ca por aumento unitário de CE_a foi 86,32 e 30,43%, para as profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm, respectivamente, enquanto que aos 276 DAT (Figura 29f), na profundidade de 0 – 20 cm, houve aumento, comparado com N_1 , de 24,50% para N_2 e de 579,97% para N_8 , já na profundidade de 20 – 40 cm a taxa de incremento de Ca por aumento unitário de CE_a foi de 61,58%.

Com respeito ao sódio (Na), observa-se no estudo de regressão que aos 138 DAT os valores cresceram linearmente com a salinidade da água de irrigação na profundidade de 0 – 20 cm e forma quadrática de 20 – 40 cm (Figura 29g). Com base na equação obtida para a profundidade de 20 – 40 cm (Tabela 38), foram constatadas os incrementos (comparados a N_1) de 146,93, 236,91, 269,95 e 246,04% para os tratamentos N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente. Para a profundidade de 0 – 20 cm, percebe-se que houve um acréscimo de 145,70% no Na por incremento unitário da CE_a . Ainda sobre o Na, outro fato importante é verificar sua concentração relativa no complexo sortivo, a qual é dada pela PST que tinha valores de RAS crescente, sendo o valor da PST no nível mais alto (N_5) 4,81 (0 – 20 cm) e 3,13 (20 – 40 cm) vezes maior que o N_1 para os 138 DAT.

Em relação ao Na, observa-se no estudo de regressão que os valores de Na cresceram linearmente (aos 276 DAT), em ambas as profundidades ($p < 0,01$). Com base nas equações obtidas, percebe-se que houve um acréscimo de 98,52 e 70,01% na concentração de Na, por incremento unitário da CE_a , para as profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm, respectivamente.

138 dias após o transplântio

276 dias após o transplântio

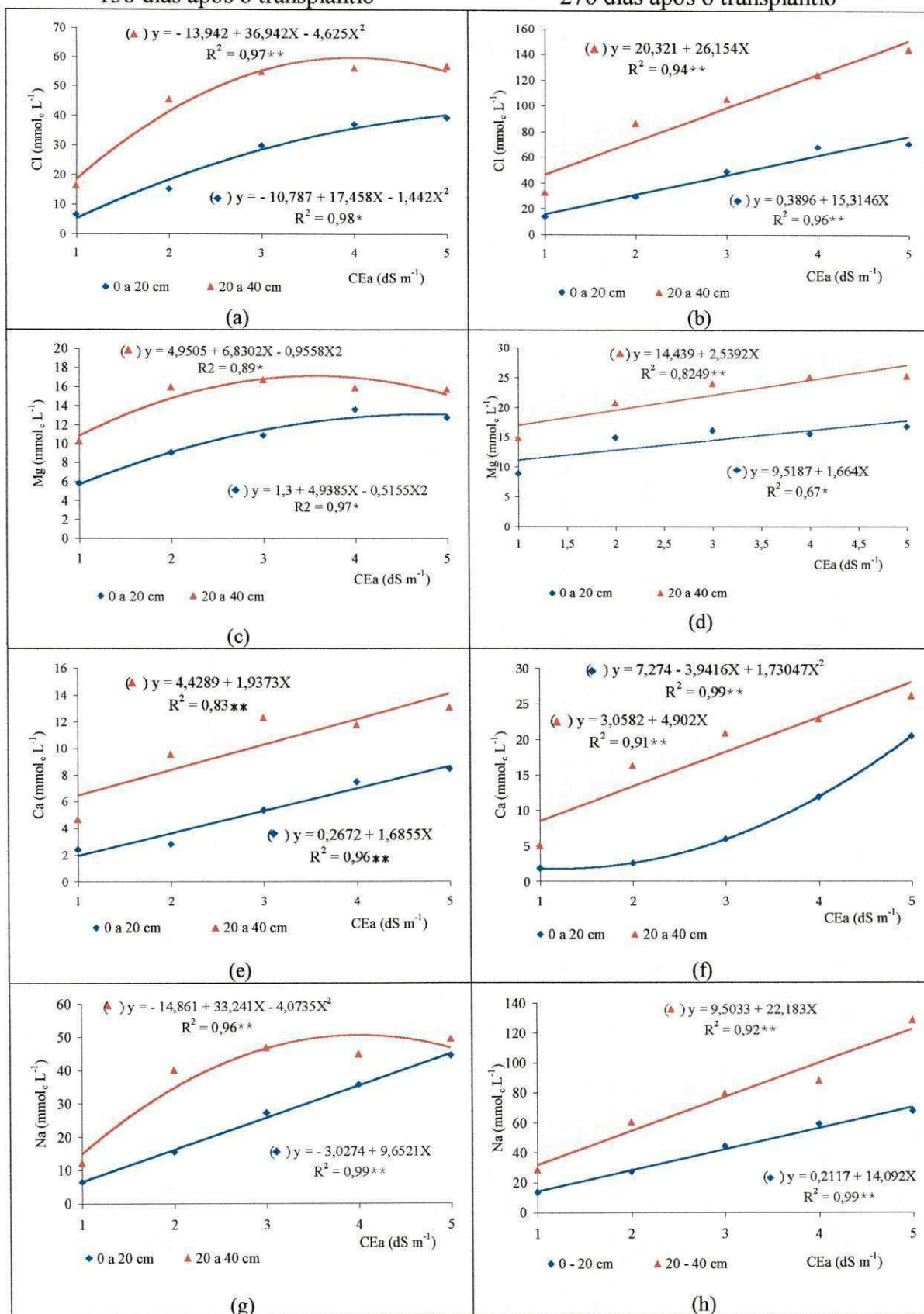


Figura 29. Teores de cloreto (Cl), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e sódio (Na) solúveis aos 138 e 276 dias após o transplântio.

Tabela 38. Resumo de ANAVA e médias para Cl, HCO₃, Ca, Mg, K e Na solúveis aos 138 e 276 dias após o transplatio em casa de vegetação.

Fonte de variação	Profundidade (cm)	Dias após transplatio	Quadrados médios					
			Anions (mmol _c L ⁻¹)		Cátions (mmol _c L ⁻¹)			
			Cl	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na
Nível Salino (NS)	0-20 cm	138 DAT	791.54 **	0.14 ^{ns}	20.51 **	29.20 **	0.08 **	906.11 **
		276 DAT	2214.21 **	0.29 ^{ns}	130.63 **	39.15 ^{ns}	0.30 **	1945.17 **
	20-40 cm	138 DAT	1092.24 **	0.20 ^{ns}	32.57 **	24.44 *	0.61 **	966.35 **
		276 DAT	7089.70 **	0.37 ^{ns}	254.98 **	75.20 **	2.01 **	5243.97 **
Reg. Pol. Linear	0-20 cm	138 DAT	2908.13 **	0.19 ^{ns}	77.48 **	102.19 **	0.29 **	3493.60 **
		276 DAT	8277.76 **	0.01 ^{ns}	473.23 **	83.07 *	0.94 **	7446.57 **
	20-40 cm	138 DAT	2668.00 **	0.50 ^{ns}	107.24 **	31.29 *	0.57 **	2445.57 **
		276 DAT	21601.28 **	0.06 ^{ns}	720.89 **	227.55 **	6.09 **	18453.76 **
Reg. Pol. Quadra.	0-20 cm	138 DAT	109.16 *	0.08 ^{ns}	0.12 ^{ns}	11.16 *	0.00 ^{ns}	4.89 ^{ns}
		276 DAT	171.79 ^{ns}	1.08 ^{ns}	100.60 **	27.62 ^{ns}	0.08 ^{ns}	42.41 ^{ns}
	20-40 cm	138 DAT	945.69 **	0.13 ^{ns}	18.85 *	33.37 *	0.97 **	733.59 **
		276 DAT	1044.29 ^{ns}	0.02 ^{ns}	38.23 ^{ns}	47.41 ^{ns}	0.66 ^{ns}	40.74 ^{ns}
Desvio Regres.	0-20 cm	138 DAT	29.64 ^{ns}	0.15 ^{ns}	1.55 ^{ns}	1.72 ^{ns}	0.01 ^{ns}	3.82 ^{ns}
		276 DAT	78.80 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.60 ^{ns}	6.55 ^{ns}	0.07 ^{ns}	16.46 ^{ns}
	20-40 cm	138 DAT	59.32 ^{ns}	0.10 ^{ns}	1.87 ^{ns}	4.09 ^{ns}	0.27 *	61.83 ^{ns}
		276 DAT	242.88 ^{ns}	0.65 ^{ns}	14.90 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.54 ^{ns}	702.46 ^{ns}
QM	0-20 cm	138 DAT	22.21	0.30	2.79	1.89	0.01	26.42
		276 DAT	74.29	0.42	7.10	13.60	0.03	50.67
	20-40 cm	138 DAT	52.60	0.22	2.45	4.43	0.04	31.17
		276 DAT	256.78	0.30	8.82	13.18	0.38	392.28
CV (%)	0-20 cm	138 DAT	17.94	16.82	30.33	13.17	20.94	19.41
		276 DAT	18.78	19.38	30.64	25.90	24.37	16.45
	20-40 cm	138 DAT	16.43	17.78	15.42	14.60	15.87	14.57
		276 DAT	16.24	19.02	16.88	16.54	37.95	25.77
			Médias					
			N1	N2	N3	N4	N5	
Anions (mmol _c L ⁻¹)	Cl	0-20 cm	138 DAT	6.56	15.25	29.94	37.31	39.56
			276 DAT	13.88	29.42	49.06	68.32	71.00
		20-40 cm	138 DAT	16.38	45.58	54.83	56.25	57.00
			276 DAT	32.56	86.88	105.50	124.42	144.56
	CO ₃	0-20 cm	138 DAT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			276 DAT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		20-40 cm	138 DAT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			276 DAT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO ₃	0-20 cm	138 DAT	3.27	2.87	3.25	3.37	3.40	
		276 DAT	3.63	3.05	3.03	3.20	3.63	
	20-40 cm	138 DAT	2.53	2.25	2.47	2.87	2.90	
		276 DAT	2.83	2.93	2.42	3.28	2.85	
Cátions (mmol _c L ⁻¹)	Ca	0-20 cm	138 DAT	2.42	2.82	5.38	7.50	8.50
			276 DAT	3.07	2.57	4.25	11.97	20.57
		20-40 cm	138 DAT	4.67	9.59	11.78	12.04	13.13
			276 DAT	5.03	16.32	18.29	22.96	26.22
	Mg	0-20 cm	138 DAT	5.84	9.09	10.88	13.63	12.79
			276 DAT	8.91	14.94	16.19	15.62	16.89
		20-40 cm	138 DAT	10.25	15.96	16.76	15.92	15.75
			276 DAT	14.88	20.75	24.10	25.21	25.35
K	0-20 cm	138 DAT	0.17	0.21	0.34	0.48	0.49	
		276 DAT	0.29	0.36	0.80	0.91	0.85	
	20-40 cm	138 DAT	0.79	0.99	1.59	1.87	1.09	
		276 DAT	0.72	0.90	2.16	2.16	2.16	
Na	0-20 cm	138 DAT	6.46	15.46	27.24	36.08	44.41	
		276 DAT	13.47	27.30	44.47	59.22	67.97	
	20-40 cm	138 DAT	12.19	40.03	46.77	50.13	51.14	
		276 DAT	28.72	60.64	79.72	82.47	128.72	

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

4.3. Etapa III

4.3.1. Diâmetro do caule (DC), poda da haste principal (PHP) e dos ramos secundários (PRS)

De acordo com os dados de análise de variância (Tabela 39), a salinidade da água de irrigação não exerceu efeito expressivo sobre as variáveis de crescimento do maracujazeiro amarelo em condições de campo. Comportamento semelhante foi registrado por Andrade (1998), após irrigar maracujazeiros com águas salinas de até 2,5 dS m⁻¹. A ausência de efeitos negativos da salinidade pode ser explicado justamente pelo reduzido tempo de exposição aos sais (as irrigações com água salina só foram realizadas após o período chuvoso), aliado à frequência diária da irrigação, o que pode ter proporcionado uma umidade elevada do solo, diminuindo conseqüentemente os efeitos da salinidade.

Tabela 39. Resumo de ANAVA e médias para diâmetro do caule (DC), aos 228 dias após o transplântio, poda da haste principal (PHP) e da poda dos ramos secundários (PRS) da cultura do maracujazeiro em condições de campo.

Causa de variação	DC	PHP	PRS
	Quadrados médios		
Salinidade (N)	0,05 ^{ns}	225,08 ^{ns}	276,232 ^{ns}
Reg. Polin. Linear	0,02 ^{ns}	140,63 ^{ns}	490,38 ^{ns}
Reg. Polin. Quadrád.	0,04 ^{ns}	288,02 ^{ns}	365,44 ^{ns}
Desvio Regressão	0,07 ^{ns}	235,83 ^{ns}	124,56 ^{ns}
QMResíduo	0,02	80,70	290,25
CV %	6,66	11,43	15,84
	Médias		
Nível salino (N)	cm	Dias	Dias
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	2,14	83,75	113,92
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	2,03	84,00	109,92
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	2,26	75,50	103,08
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	2,13	66,75	102,50
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	1,96	83,00	108,25

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo.

4.3.2. Índice de produção

Pelo resumo da análise de variância dos dados de produção (Tabela 40), não se constatou efeito significativo da salinidade da água de irrigação, entre os tratamentos, em todas as variáveis de produção estudadas.

A ausência de efeito entre os tratamentos sobre a produção do maracujazeiro amarelo, pode ser justificado, pelo fato da irrigação utilizada nesta Etapa, ter sido apenas de caráter suplementar, como já explicado anteriormente, de modo que os tratamentos com águas salinas só começaram a ser aplicados quando cessaram as chuvas (aos 180 DAT), período em que as plantas já estavam em floração. Portanto, pode seu usada água de irrigação com condutividade elétrica igual a 5 dS m^{-1} , considerada como de elevada restrição para a agricultura (Ayers & Westcot , 1999), no cultivo de maracujazeiro amarelo, em caráter complementar, aproveitando-se, portanto, águas impróprias para irrigação, nas épocas em que as chuvas não são suficientes para garantir a produção ou quando a concentração de sais na água utilizada para irrigação se eleva em consequência da estiagem.

Apesar de não ter havido efeito significativo da salinidade sobre as variáveis de produção, observa-se uma certa tendência de decréscimo de número de frutos total (NFT), número de frutos comerciais (NFC), peso médio de frutos total (PMFT), peso médio de frutos comercial (PMFC) e, conseqüentemente, na produção total (PT) e na produção comercial (PC) no nível mais elevado de salinidade (5 dS m^{-1}); com base nas médias obtidas (Tabela 40), em N_5 houve decréscimos relativos, em relação a N_1 , de 4,30 (10,07), 3,20 (6,90), 5,79 (11,98), 5,79 (12,00), 8,75 (17,50) e 8,53% (17,50%) para NFT, NFC, PMFT, PMFC, PT e PC, respectivamente (entre parênteses estão os percentuais relativos aos dados originais sem transformação). Pelo fato de se ter constatado decréscimos em N_5 , apenas em um ciclo de produção, não é possível se estabelecer, com precisão, se a irrigação contínua com água de condutividade elétrica de 5 dS m^{-1} nas fases de floração e frutificação cause prejuízos à produção do maracujazeiro.

Tabela 40. Resumo de ANAVA e médias para número de frutos total (NFT), número de frutos comercial (NFC), peso médio dos frutos total (PMFT), peso médio dos frutos comercial (PMFC), produção total (PT) e da produção comercial (PC) da cultura do maracujazeiro em condições de campo.

Causa de variação	NFT ¹	NFC ¹	PMFT ¹	PMFC ¹	PT ¹	PC ¹
	Quadrados médios					
Salinidade (N)	0,06 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,64 ^{ns}	35,17 ^{ns}	28,37 ^{ns}
Reg. Pol. Linear	0,07 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,06 ^{ns}	57,08 ^{ns}	39,33 ^{ns}
Reg. Pol. Quadrático	0,05 ^{ns}	0,012 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,42 ^{ns}	65,64 ^{ns}	50,31 ^{ns}
Desvio Regressão	0,06 ^{ns}	0,097 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	7,02 ^{ns}	9,14 ^{ns}
QMResíduo	0,58	0,47	1,15	0,93	84,36	96,51
CV%	13,15	13,02	9,42	8,21	14,11	15,86
	Médias					
Níveis Salinos (N)n ²g.....g.....g.....g planta ⁻¹g planta ⁻¹
N ₁ (1 dS m ⁻¹)	5,82 (34,75)	5,32 (29,00)	11,40 (131,52)	11,75 (139,45)	65,68 (4448,75)	62,61 (4066,88)
N ₂ (2 dS m ⁻¹)	5,84 (34,33)	5,14 (26,50)	11,62 (135,74)	12,13 (147,64)	67,44 (4587,67)	63,27 (4057,17)
N ₃ (3 dS m ⁻¹)	5,73 (33,25)	5,30 (28,13)	11,69 (137,48)	12,00 (144,78)	66,42 (4443,63)	63,25 (4022,00)
N ₄ (4 dS m ⁻¹)	5,90 (35,13)	5,41 (29,50)	11,50 (132,97)	11,82 (140,44)	66,60 (4480,75)	63,70 (4111,88)
N ₅ (5 dS m ⁻¹)	5,57 (31,25)	5,15 (27,00)	10,74 (115,76)	11,07 (122,71)	59,93 (3670,00)	57,27 (3355,00)

(*)(**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

¹Dados transformados em \sqrt{x} .

² Entre parênteses, estão aos dados médios originais.

4.3.3. Análise de solo

Uma das principais conseqüências negativas da irrigação diz respeito ao possível aparecimento dos problemas de salinidade, sobretudo, quando os teores de sais na água são elevados. Na Figura 30, estão os dados que permitem a avaliação da evolução da salinidade no perfil do solo aos 280 dias após o transplante (DAT), em função dos tratamentos testados. Observa-se que a salinidade foi sempre mais pronunciada na superfície do solo do que na camada mais profunda, embora os valores de salinidade fossem baixos, inclusive inferiores aos da água de irrigação nos níveis N₄ e N₅. Comparando o efeito da salinidade da água na evolução da salinidade, pode-se dizer que o aumento foi diretamente relacionado à concentração de sais da água, atingindo valores de salinidade na superfície do solo acima dos valores da água de irrigação, exceto para o nível N₅.

O maior acúmulo de sais na camada superficial do solo, possivelmente, está relacionado ao período reduzido de irrigação, associado à maior concentração das raízes,

onde a perda de água pela evapotranspiração da cultura é maior, ficando retida nessa região a água de irrigação aplicada. Considerações sobre esta afirmação foram feitas por diversos autores, entre eles, Rhoades (1972), Dahiya et al. (1980) e Oliveira (1983). Os valores de salinidade decrescente com a profundidade estão de acordo com os obtidos por Shalhevet & Yaron (1973), Jury et al. (1978), Yadav & Girdhar (1980), Cruciani et al. (1996), que observaram para o primeiro ciclo de culturas anuais acúmulo de sais em maior proporção na camada superficial do solo. Esses autores verificaram também ser o acúmulo de sais diretamente proporcional à concentração salina da água de irrigação. Hills et al. (1988) observaram que quanto maior a frequência de irrigação mais sais se acumulavam na camada mais superficial.

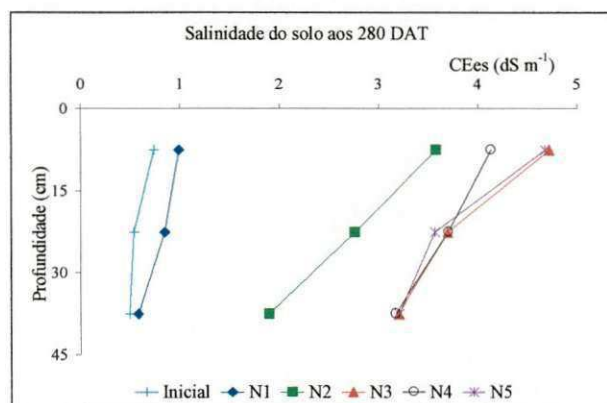


Figura 30. Evolução dos perfis de salinidade do solo aos 280 dias após o transplante (DAT) para diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no cultivo do maracujá em condições de campo.

Em geral, os tratamentos proporcionaram curvas de salinização aproximadamente paralelas entre as camadas de solo, produzindo valores de salinidade do solo maiores, desde o início do experimento, quanto mais salina era a água. Logicamente, quanto maior a salinidade da água, para um mesmo volume, mais sais são adicionados ao solo. Observa-se na Tabela 41, que o solo inicialmente possuía uma condutividade elétrica de 0,74, 0,54 e 0,49 dS m^{-1} , para as camadas de 0 – 15, de 15 – 30 e de 30 – 45 cm, respectivamente ao final do experimento, foram atingidos valores de 0,99 a 4,68 dS m^{-1} para 0 – 15 cm, de 0,85 a 3,57 dS m^{-1} para 15 – 30 cm e de 0,58 a 3,21 dS m^{-1} para 30 – 45 cm (Tabela 42), constatando-se que as águas de irrigação, independentemente do teor iônico, aumentaram a concentração salina do solo.

Conforme o resumo da análise de variância apresentado na Tabela 42, houve efeito significativo da salinidade da água de irrigação sobre a salinização do solo

(CE_{es}), aos 280 DAT ($p < 0,01$). Segundo os modelos matemáticos obtidos, (Figura 31a) a CE_{es} cresceu linearmente com o aumento da concentração salina da água de irrigação, havendo incrementos na CE_{es} por aumento unitário da CE_a de 38,96, 39,06 e 59,36% para as camadas de 0 – 15, 15 – 30 e 30 – 45 cm, respectivamente, elevando-se, com maior intensidade, na profundidade de 30 – 45 cm.

É interessante destacar que foram encontrados valores elevados de CE_{es} , em todos os tratamentos. Ayers & Westcot (1999) afirmam ser 1,5 a relação entre a CE_{es} e a condutividade elétrica da água de irrigação ($CE_{es} = 1,5CE_a$), para uma fração de lixiviação de 15%. No presente estudo, observou-se ser esta relação, para N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente, de 1,79, 1,57, 1,03 e 0,94 para a profundidade de 0 – 15 cm, de 1,38; 1,23; 0,93 e 0,71 para a camada de 15 – 30 cm e de 0,95; 1,07; 0,79 e 0,64 para 30 – 45 cm de profundidade. Vale salientar que as amostras de solo foram coletadas após 280 dias do início do experimento, onde neste período, irrigou-se com água salina, apenas 100 dias, pois neste intervalo (280 DAT) ocorreu o período de inverso (chuvoso).

Tabela 41. Resultado da análise do extrato de saturação do solo de São Gonçalo no início do experimento

Características	Profundidade (cm)			
	0 a 15 cm	15 a 30 cm	30 a 45 cm	
pH	6,56	6,50	6,57	
CEes (dS m ⁻¹)	0,74	0,54	0,49	
P.O. (kPa) *	54,28	39,68	35,59	
RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	1,60	1,63	1,88	
PST (%)	1,67	1,74	1,62	
Percen. Satur. (%)	27,76	23,99	23,43	
Ânions (mmol _c L ⁻¹)	Cl	4,00	3,35	3,20
	CO ₃	0,00	0,00	0,00
	HCO ₃	3,88	3,02	2,78
	SO ₄	Ausente	Ausente	Ausente
Cátions (mmol _c L ⁻¹)	Ca	2,80	1,50	1,25
	Mg	4,00	3,35	2,80
	K	1,02	0,42	0,31
	Na	2,74	2,49	2,57

* P.O. (kPa) = (0,36 x CEes) x 2 x 101,3

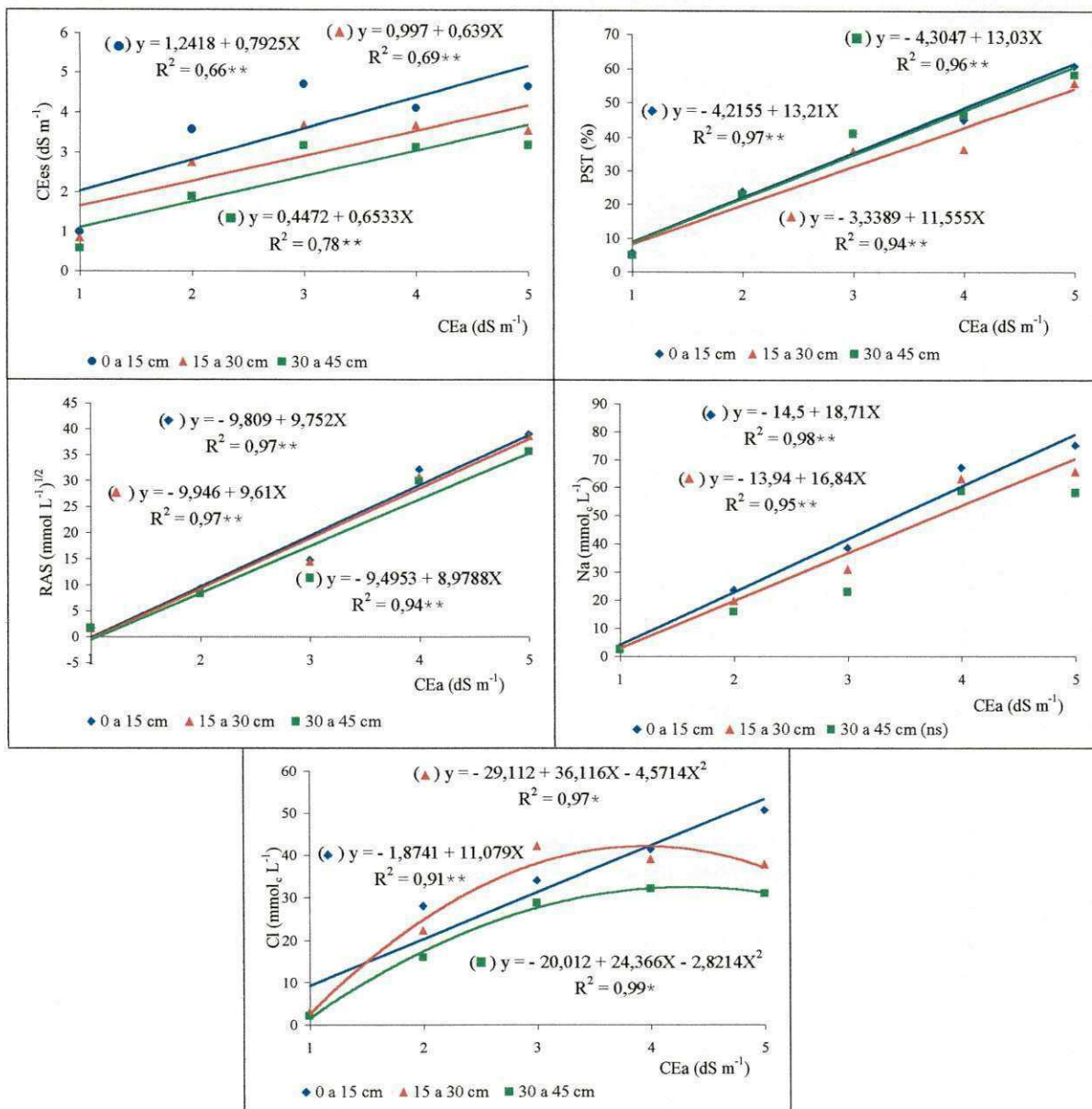


Figura 31. Condutividade elétrica do extrato de saturação – CE_{es} (a), percentagem de sódio trocável – PST (b), razão de adsorção de sódio – RAS (c), teor de sódio – Na (d) e o teor de cloreto – Cl (e) para diferentes camadas de solo aos 280 dias após o transplante (DAT) do maracujazeiro, em função da condutividade da água de irrigação sob condição de campo.

De acordo com a Tabela 42, a salinidade da água de irrigação influenciou significativamente ($p < 0,01$), a RAS e PST, onde a RAS no nível 5, foi 24,42, 23,75 e 19,05 vezes maior, para as camadas de 0 – 15, 15 – 30 e 30 – 45 cm, respectivamente, quando comparados com os valores obtidos na análise inicial do solo (Tabela 41), e para a PST, esses acréscimos foram de 36,59, 32,22 e 36,06 vezes maior quando comparados

também com os do solo inicial. Através dos incrementos citados, nota-se que a maior concentração de sódio se deu na camada superficial do solo.

Tabela 42. Resumo de ANAVA e médias para o pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), potencial osmótico (PO), percentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS) aos 280 dias após o transplatio em condição de campo.

Fonte de variação	Profundidade (cm)	Quadrados médios				
		pH	CE_{es} ($dS\ m^{-1}$)	P. O. (kPa)	PST (%)	RAS ($mmol\ L^{-1}$) ^{1/2}
Nível Salino (NS)	0 – 15 cm	0,31 ^{ns}	9,18 *	48862,22 *	1807,67 **	985,36 **
	15 – 30 cm	0,27 ^{ns}	5,79 *	30825,23 *	1412,51 **	953,41 **
	30 – 45 cm	0,06 ^{ns}	5,08 *	27013,58 **	1760,39 **	861,39 **
Reg. Pol. Linear	0 – 15 cm	0,67 ^{ns}	23,55 **	125288,00 **	6980,16 **	3804,06 **
	15 – 30 cm	0,30 ^{ns}	15,31 **	81456,22 **	5007,14 **	3694,08 **
	30 – 45 cm	0,17 ^{ns}	14,22 **	75622,15 **	6791,50 **	3224,72 **
Reg. Pol. Quadra.	0 – 15 cm	0,34 ^{ns}	9,02 ^{ns}	47989,37 ^{ns}	94,74 ^{ns}	31,17 ^{ns}
	15 – 30 cm	0,45 ^{ns}	6,72 *	35765,48 *	21,68 ^{ns}	44,18 ^{ns}
	30 – 45 cm	0,04 ^{ns}	3,56 ^{ns}	18964,51 ^{ns}	174,42 ^{ns}	56,90 *
Desvio Regres.	0 – 15 cm	0,12 ^{ns}	1,53 ^{ns}	8138,78 ^{ns}	77,88 ^{ns}	53,08 ^{ns}
	15 – 30 cm	0,17 ^{ns}	0,15 ^{ns}	807,99 ^{ns}	144,86 ^{ns}	37,69 ^{ns}
	30 – 45 cm	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	902,28 ^{ns}	37,82 ^{ns}	81,98 **
QM	0 – 15 cm	0,46	2,43	12945,06	139,98	25,64
	15 – 30 cm	0,17	1,26	6707,02	111,12	16,72
	30 – 45 cm	0,16	1,12	5951,27	137,49	10,82
CV (%)	0 – 15 cm	10,63	43,80	43,80	33,41	26,04
	15 – 30 cm	6,47	39,09	39,09	33,92	21,66
	30 – 45 cm	6,11	45,65	45,63	33,71	18,86
		Médias				
			$dS\ m^{-1}$	kPa	%	($mmol\ L^{-1}$) ^{1/2}
N ₁	0 – 15 cm	6,37	0,99	72,21	5,63	1,73
	15 – 30 cm	6,49	0,85	61,81	5,16	1,72
	30 – 45 cm	6,53	0,58	41,94	5,01	1,73
N ₂	0 – 15 cm	5,99	3,58	261,29	23,92	9,58
	15 – 30 cm	5,98	2,76	200,94	22,84	8,89
	30 – 45 cm	6,48	1,90	138,73	22,98	8,23
N ₃	0 – 15 cm	6,36	4,72	344,02	41,35	14,80
	15 – 30 cm	6,34	3,70	269,86	36,01	14,45
	30 – 45 cm	6,59	3,19	232,48	41,07	11,33
N ₄	0 – 15 cm	6,48	4,13	301,04	45,07	32,25
	15 – 30 cm	6,34	3,70	269,50	36,58	30,82
	30 – 45 cm	6,59	3,16	230,66	46,45	29,97
N ₅	0 – 15 cm	6,77	4,68	341,34	61,11	39,07
	15 – 30 cm	6,69	3,57	260,56	56,06	38,72
	30 – 45 cm	6,80	3,21	234,13	58,42	35,82

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

P.O. (kPa) = $(0,36 \times CE_{es}) \times 2 \times 101,3$

Na Tabela 43, estão as concentrações totais dos principais íons do solo. Observa-se que os valores de Cl, Ca, Mg, K e Na tiveram um aumento substancial, em

todas as camadas de solo analisadas, quando comparadas com os teores existentes antes do transplântio.

Verifica-se, também, que a salinidade da água de irrigação afetou significativamente as concentrações de Cl e Na, não afetando o HCO_3 , Ca, Mg e K. Este resultado pode ser explicado pela composição das águas de irrigação (Item 3.5.3). As águas mais salinas apresentaram concentrações relativas de Na e Cl maiores do que os demais elementos.

De acordo com a Tabela 42 e segundo a classificação proposta pela SSSA (1976), o solo após 280 DAT, pode ser classificado como um solo salino-sódico para todos os níveis de água de irrigação, com exceção de N_1 ; no entanto pela classificação tradicional, o solo está na classe dos solos sódicos.

Tabela 43. Resumo de ANAVA e médias para Cl, HCO₃, Ca, Mg, K e Na aos 276 dias após o transplatio em condição de campo.

Variáveis	Profundidade (cm)	Quadrados médios					
		Ânions (mmol _c L ⁻¹)			Cátions (mmol _c L ⁻¹)		
		Cl	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na
Nível Salino	0 a 15 cm	1123,49 *	1,66 ^{ns}	1,06 ^{ns}	17,59 ^{ns}	1,29 ^{ns}	3573,27 **
	15 a 30 cm	1081,06 **	1,61 ^{ns}	2,99 ^{ns}	6,18 ^{ns}	1,73 ^{ns}	2984,12 **
	30 a 45 cm	668,23 **	1,78 ^{ns}	1,87 ^{ns}	3,87 ^{ns}	0,35 ^{ns}	2609,97 **
Reg. Pol. Linear	0 a 15 cm	4332,28 **	6,16 ^{ns}	2,23 ^{ns}	3,86 ^{ns}	4,31 ^{ns}	14002,56 **
	15 a 30 cm	3018,91 **	4,49 *	1,02 ^{ns}	7,81 ^{ns}	5,78 ^{ns}	11343,42 **
	30 a 45 cm	2212,66 **	3,97 ^{ns}	3,05 ^{ns}	5,03 ^{ns}	0,96 ^{ns}	9511,05 ^{ns}
Reg. Pol. Quadra.	0 a 15 cm	258,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,58 ^{ns}	21,81 ^{ns}	0,35 ^{ns}	33,33 ^{ns}
	15 a 30 cm	1170,29 *	0,02 ^{ns}	7,14 ^{ns}	1,87 ^{ns}	0,83 ^{ns}	13,60 ^{ns}
	30 a 45 cm	445,79 *	0,26 ^{ns}	2,29 ^{ns}	7,01 *	0,49 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Desvio Regres.	0 a 15 cm	94,08 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,80 ^{ns}	18,45 ^{ns}	0,23 ^{ns}	128,60 ^{ns}
	15 a 30 cm	67,52 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,73 ^{ns}	6,84 ^{ns}	0,09 ^{ns}	289,72 *
	30 a 45 cm	7,24 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}	464,31 **
QM	0 a 15 cm	353,96	1,46	2,34	13,77	2,82	159,52
	15 a 30 cm	173,92	0,62	7,69	7,08	1,68	64,45
	30 a 45 cm	92,10	1,10	2,67	1,50	0,54	44,61
CV (%)	0 a 15 cm	56,73	40,93	64,30	55,77	88,12	30,34
	15 a 30 cm	45,55	30,02	96,95	50,79	82,53	21,95
	30 a 45 cm	43,52	36,96	73,54	29,48	78,92	21,09
		Médias					
		N1	N2	N3	N4	N5	
Ânions (mmol _c L ⁻¹)	Cl	0 a 15 cm	2,17	28,10	34,15	41,58	50,83
		15 a 30 cm	3,00	22,32	42,25	39,19	38,00
		30 a 45 cm	2,06	16,00	28,81	32,25	31,13
	CO ₃	0 a 15 cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		15 a 30 cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		30 a 45 cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HCO ₃	0 a 15 cm	2,20	2,35	3,20	3,38	3,65
		15 a 30 cm	2,23	1,73	2,83	3,18	3,18
		30 a 45 cm	2,60	1,98	2,63	3,68	3,33
SO ₄	0 a 15 cm	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
	15 a 30 cm	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
	30 a 45 cm	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
Cátions (mmol _c L ⁻¹)	Ca	0 a 15 cm	2,94	5,25	1,75	2,19	2,54
		15 a 30 cm	2,13	4,25	3,75	2,70	1,47
		30 a 45 cm	1,78	2,72	0,75	1,29	1,03
	Mg	0 a 15 cm	4,88	7,00	11,94	6,50	4,88
		15 a 30 cm	5,13	5,58	5,44	5,72	4,29
		30 a 45 cm	2,38	4,81	7,58	6,39	4,26
	K	0 a 15 cm	2,47	2,43	1,86	1,91	0,98
		15 a 30 cm	2,16	2,01	2,01	1,23	0,59
		30 a 45 cm	1,12	1,05	1,18	0,93	0,40
Na	0 a 15 cm	3,42	23,72	38,72	67,22	75,22	
	15 a 30 cm	3,27	19,72	30,97	63,22	65,72	
	30 a 45 cm	2,50	15,97	22,97	58,72	58,22	

(*) (**) significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo a 0,05 de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

1. A salinidade da água de irrigação até o limite de $4,43 \text{ dS m}^{-1}$ retardou, mas não inibiu significativamente o processo germinativo.
2. Aos 77 dias após a semeadura, o crescimento das plantas decresceu linearmente com CE_a superior a 1 dS m^{-1} , sobre o NF, AP, AF, FSR e FST, com decréscimo relativo por incremento unitário da CE_a (com base em N_1), em torno de 10%.
3. Os efeitos da salinidade do solo se intensificaram com a idade das plantas, sendo o valor crítico de CE_{es} de $5,61 \text{ dS m}^{-1}$ aos 32 dias após a semeadura e de $2,73 \text{ dS m}^{-1}$ aos 77, com decréscimo médio de 7,6%, por incremento unitário de CE_{es} acima do citado valor crítico.
4. O efeito da salinidade na fase de muda é mais intenso sobre a parte aérea que sobre o sistema radicular.
5. Os níveis de CE_a testados reduziu a velocidade média de crescimento absoluto com decréscimos relativos médios entre N_1 e N_8 em torno de 90%.
6. O teor de água das folhas, aos 77 DAS, cresceu de maneira linear em 1,46% por aumento unitário da CE_a . Até $6,33 \text{ dS m}^{-1}$ houve incremento da razão área foliar, quando então começou a decrescer, com uma redução de 2,98% em relação a N_8 .
7. O aumento das razões Na/K e $Na/(Ca+Mg)$ na planta, ocasionadas pela salinidade, constituiu fator limitante de crescimento das plantas
8. Com o aumento da CE_a ocorreu acréscimo no número de dias para a poda da haste principal e da poda dos ramos secundários em condições de casa de vegetação; os acréscimos relativos, por incremento unitário da salinidade, foram de 27,38 e 9,72%, para TPHP e TPRS, respectivamente.

9. No final do ciclo das plantas desenvolvidas na casa de vegetação, o diâmetro do caule e o número de ramos produtivos, obtidos no nível N_5 , foram em média, respectivamente, 23,45 e 46,47% inferior a N_1 .
10. Na fase de produção da casa de vegetação, o estresse salino produz efeito negativo sobre o número de frutos totais, comerciais, peso médio dos frutos totais, comerciais, produção total e comercial.
11. A produtividade total e comercial foram sensivelmente baixas reflexo da alta salinidade dos substratos.
12. Não houve interferência significativa dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre os resultados do crescimento vegetativo, número e peso médio de frutos total e comercial, produtividade total e comercial da cultura do maracujazeiro em condições de campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**. New York, v.16, p. 139 – 180, 1964.
- ALVIN, P. R. de T. **Los factores de la productividad agrícola**. Lima, ILCA. 1962. 20p.
- ANDRADE, R. **Resposta do maracujazeiro amarelo ao manejo e salinidade da água de irrigação em um solo não salino**. Areia. UFPB, 1998. 60p. (Dissertação de Mestrado).
- ARAGUEZ LAFARGA, R. **Adequacion del água para riego**. Tenerife: INIA, 1982. (INIA. Curso Internacional de Riego Localizado, 3)
- ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. Viçosa: UFV, 1994. 87p. (Dissertação de Mestrado).
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino**. Recife: CNPq. 1995. 128p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água da agricultura**. 2 ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação e drenagem**. 6 ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1995. 657p.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. **Plant analysis and fertilizer problems**. v.4, p. 25 – 45. 1964

- BERNSTEIN, L. **Salt tolerance of fruit crops**. Washington: United States Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin. n.292. 1965.
- BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: van SCHILFGAARD, J. (ed.). **Drainage for agriculture**. Madison, Amer. Soc. Agron. 1974. cap.3. p. 39 – 54. (Agronomy, 17)
- BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, L. E. Effect of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. **Agronomy Journal**. v.67, p.185 – 190. 1975.
- BHUMBLA, D. R. Chemical composition of irrigation water and its effect on crop growth and soil properties. In: WORTHINGTON, E. B. (ed.). **Arid land irrigation in developing countries: Environmental problems and effects**. Oxford: Pergamon Press, 1977. p.279 – 287.
- BIGGAR, J. W. **Water quality for agriculture and related uses**. Department of Land, Air and Water Resources. University of California. Class Notes. 1984.
- BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 341 p.
- BRADFORD, K. J. Regulation of shoot responses to root stress by ethylene, abscisic acid, and cytokinin. In: WAREING, P. F. (ed). **Plant growth substances**. London: Academic Press, 1982, p.599-608.
- BRADY, N.; BUCKMAN, H. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S. A., 1983. 647p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Fruticultura Irrigada do Nordeste. Brasília-DF.1998, 148p.
- BRESLER, E.; McNEAL, B. L.; CARTER, D. L. **Saline and sodic soil: Principles, dynamics and modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 249 p.
- BRIGGS, G. E.; KIDD, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. **Ann. Apl. Biol**, Cambridge, v.7, p.103-123, 1920.
- CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista/BA: UESB, 1995. 32p.
- CARNEIRO, P. T. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade**. Campina Grande: UFPB, 2001. 81p. (Dissertação de Mestrado).

- CARTER, D. L. N Problems of salinity in agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A.; GALE, J. (eds.). **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. cap.2. p.25 – 35. (Ecological Studies, 15)
- CARVALHO, A. M. **Instruções para a cultura do maracujá**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1965. 8p. (Mimeografado)
- CHAPMAN, V.J. **Salt marshes and salt deserts of the world**. London: Leonard Hill, 1960. 392p.
- CHRISTIANSEN, J. E.; OLSEN, E. C.; WILLARDSON, L. S. Irrigation water quality evaluation. **Journal of the Irrigation and Drainage**, Berlin, v.103, p. 155 – 169, 1977.
- COELHO, M. A., Aspecto da dinâmica da água em solos sódicos e salino-sódicos. **Ciência. Agronomica**, Fortaleza, v.14, n.1-2, p.61-68, 1983.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- COSTA, A. F. da. Pesquisa e extensão com maracujá em Pernambuco. In: São José, A. R. (ed). **Maracujá, produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB. 1994. p.138 – 141. 255p.
- CRAMER, G. R.; EPSTEIN, E.; LAUCHLI, A. Kinetics of root elongation of maize in response to short-term exposure to NaCl and elevated calcium concentration. **J. Expt. Bot.** Oxford, v.39, p. 1513 – 1522, 1988.
- CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4ª ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1987. 337p.
- CRUCIANI, D. E.; MEDEIROS, J. F.; VILLA, S. T. Salinização de solo cultivado com feijão sob irrigação e lixiviação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. 11. Campinas. **Anais... FEC/FEAGRI/ABID**. 1996. p.641 – 652.
- DAHIYA, I. S.; SINGH, M.; HAJRASULIHA, S. Simultaneous transport of surface-applied salts and water through unsaturated soils as affected by infiltration, redistribution, and evaporation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.2, p.223 – 228, 1980.
- DAKER, A. **A água na agricultura**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v.3, 1988, 543p.

- DIAS, I. M. **Ação da água salgada na salinização de um solo não salino cultivado com sorgo forrageiro.** Areia. UFPB. 1998. 33p. (Monografia de Graduação)
- DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A.; GALE, J. (eds.). **Plants in saline environments.** Berlin: Springer-Verlag. 1975. cap.4, p. 56 – 76. (Ecological Studies, 15)
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 33)
- DUTTA, S. K.; BANERJI, B.; SOM, J. Varietal behavior of rice under different types of low lying water logged situations in West Bengal. In: NATIONAL SYMPOSIUM OF INCREASING RICE YIELD IN KHARIF. **Proceedings ...** Held at CRRI. 1978.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p. il.
- EPSTEIN, E. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cells. **Plant Physiology**, Bethesda, v.36, p.437 – 444, 1961.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives.** New York: John Wiley and Sons. 1972. 412p.
- EPSTEIN, E. Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress; adaptation of crops to salinity. In: **Workshop on PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS.** Proceedings Beltsville, Maryland, 1976.p.73 – 82.
- FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz.** Rio de Janeiro: Ed. Campus: EMBRAPA. 1984. 341p.
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil.** v.88, n.2, p.237-243, 1985.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA CNPAF. Documento, 18)

- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; GHEYI, H. R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v. 16, n.5, p.677 – 681, 1981.
- FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2ed. 1996. 440p.
- FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2ª ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.
- FIREMAN, M.; WADLEIGH, C. H. A statistical study of the relation between pH and the exchangeable-sodium-percentage of western soils. **Soil Science**, v. 71, p. 273 – 285, 1951.
- FRENKEL, L. H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, J. **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 143 – 172.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Documento elaborado para Escola Superior de Agronomia de Mossoró/RN, 1991. 70p.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 3.ed. Piracicaba: São Paulo: Nobel, 1982. 436p.
- GORDON, M. E.; LETHAM, D. S. Regulators of cell division in plant tissues. XXII. Physiological aspects of cytokinin-induced radish cotyledon growth. **Australia. Journal Plant Physiology**, Victoria, v.2, p.129-154, 1975.
- HAYWARD, H. E.; SPURR, W. B. Effects of isomeric concentrations of inorganic and organic substrates on the entry of water into corn roots. **Botany Gazette**. v.106, p.131 – 139, 1944.
- HAYWARD, H. E.; WADLEIGH, C. H. Plant growth on saline and alkali soils. **Advance in Agronomy**, New York, v.1, p.1-38, 1949.
- HILLS, D. J.; MANSOUBI, A.; GU, Y.; RUMSEY, J. W. Microirrigation interval on squash yield under saline conditions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph v.31, n.5, p.1476 – 1480, Sep./Oct. 1998.

- HOEHNE, F. C. **Frutas indígenas**. São Paulo: Secretária de Agricultura Industria e Comercio do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica, 1946. 88p. (Publicação Série D)
- HOFFMAN, G. J.; RHOADES, J. D.; LETEY, J.; SHENG, F. Salinity management. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; SOLOMON, K. H. (eds) **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE/Pamela De-Vore-Hansen. 1992. cap.18, p.667-715. (ASAE Monograph, 9)
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB – SBEA, 1997. p. 137- 169
- HOORN, J. W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. In: SALINITY SEMINAR, BAGHIDAD. Rome: FAO, 1971. p. 117 – 135. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 7)
- HUNT, R. **Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis**. London: Edgard Arnold, 1982. 248p.
- IKEHASHI, H.; PONNAMPERUMA, F. N. Varietal tolerance of rice to adverse soils. In: SYMPOSIUM "SOILS AND RICE". Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute, September, p.20-23, 1977.
- INGVALSON, R. D.; RHOADES, J. D.; PAGE, A. L. Correlation of alfalfa yield with various index of salinity. **Soil Science**, Baltimore, v.122, n.3. p. 145 – 153. 1976.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.
- ITAI, C.; VAADIA, Y. Kinetin-like activity in root exudate of water-stressed sunflower plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.18, p.941-944, 1965.
- ITAI, C.; RICHMOND, A.; VAADIA, Y. The role of root cytokinins during water and salinity stress. **Israel Journal Botanical.**, London, v.17, p.187-195, 1968.
- ITAI, C.; VAADIA, Y. Cytokinin activity in water stressed shoots. **Plant Physiology**, Bethesda, v.47, p.87-90, 1971.

- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 1958. 498 p.
- JONES, H. G., JONES, M. B. **Introduction to some terminology and common mechanisms of plant under stress**. Cambridge: University Press, 1989, 257p.
- JURY, W. A.; FRENKEL, H.; DIVIYY, D.; STOLZY, L. H. Transient changes in the soil-water system from irrigation with saline water. II. Analysis of experimental data. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, p.585 – 590. 1978.
- KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, K. (eds.). **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.319 – 338. (Ecological Studies, 51)
- KAMPHORST, A.; BOLT, G. H. Saline and sodic soils. In: BOLT, G. H.; BRUGGENT, M. G. M. (eds.) **Soil chemistry**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1976. V.1, p. 171 – 91. (Developments in Soil Science, 5A)
- KORKOR, S. A.; HILLAL, M. H. Use of saline water for irrigating wheat crop. **Agrochemical**. v.20. n.1 – 2, 1976.
- KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V. A.; BERG, C. Van den; HAGAN, R. M. (eds.). **International source book on irrigation, drainage and salinity**. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO. 1973. cap.7. p. 177 – 205.
- KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. Orlando: Academic Press, 1983. 489p.
- KVET, J.; ONDOCK, J. P.; NECAS, J. *et al.* Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CASTSKY, J.; JARVIS, P. G. (Eds.). **Plant photosynthetic production**. The Hague: Dr. W. Junk, 1971. p.343-84.
- LACAN, D.; DURAND, M. Na^+ and K^+ transport in excised soybean roots. **Physiologia Plantarum**, v.93, p.132-138, 1995.
- LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Transport of potassium and rubidium in plant roots. The significance of calcium. **Plant Physiology**, Bethesda, v.45, p. 639 – 641, 1970.
- LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, Berkeley, v.38, n.10, p.18-21, 1984.

- LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE. 1990. Cap.6, p. 113 – 137.
- LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: **Relatório do Convênio de Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro**. Recife: SUDENE. 1983. p. 91 – 141.
- LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.113 – 136.
- LIMA, L. A.; GRISMER, M. E.; NIELSEN, D. R. Salinity effects on Yolo loam hydraulic properties. **Soil Science**, Baltimon, v.150, n.1. 1990.
- LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas da água**. Washington: U. S. Agency for International Development, 1965. 75 p.
- MAAS, E. V. Crop tolerance. **California Agriculture**, Berkeley, v.38, n.10, p.20-21, 1984.
- MAAS, E.V. Crop salt tolerance. Tanji. K. K. (ed). In: **Agricultural salinity assessment and management**. New York: American Society of Civil Engineers, cap.13, p.262-304, 1990.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v.103, n.2, p.115 – 134. 1977.
- MAAS, E. V. ; NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerant to salinity. In: JUNG, G. A. (ed.). **Crop tolerance to sub-optimal land conditions**. Madison: American Society of Agronomy. 1978. cap. 1. p.277-279. (Special Publication, 32)
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU / EDUSP, 1979. p.331-350.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 201p.
- MATSUNAGA, M.; AMARO, A.; NEVES, E. M. Aspectos econômicos da cultura do maracujá em São Paulo – SP. **Agricultura em São Paulo**. v.18, n.9/10. p.47 – 67. 1971.

- OSTER, J. D.; SCHRDER, F. W. Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Science. Society of American Journal*, Madison, v.43, p. 444 – 447, 1979.
- PALACIOS, V. O.; ACEVES, N. E. **Instructivo para el muestro, registro de datos e interpretacion de la calidad del agua para riego agrícola.** Chapingo: Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1970. 49p. (Rama de Riego y Drenaje, 15)
- PASTERNAK, D.; DE MALACH, Y. Irrigation with brackish water under desert conditions. X Irrigation management of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*, Mills) on desert sand. ***Agricultural and Water Management***, v.28, p. 121-132. 1995.
- PEARSON, G. A. Tolerance of crops to exchangeable sodium. Whasington. 1960, US Department of Agriculture Information Bulletin 216.
- PEREIRA, J. R. Solos salinos sódicos. *Anais. Reunião de Fertilidade do Solo*, 15. Campinas-SP, 1983. p.127-43.
- PITMAN, M. Ion transport in plant cell. In: SKORINA S.C.; EDWARD, D.W.(ed). **Intestinal absorption of metal ions, trace elements and radionuclides.** Oxford: Pergamon Press, 1970, p.115-33.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelo salinos.** 2 ed. Madrid: Editorial Española S. A. 1985. 542p.
- PIZZA JUNIOR, C. de T. **A cultura do maracujá.** Campinas: Instituto Agronômico Campinense, 1966. 102p. Boletim Técnico.
- POLJAKOFF-MAYBER, A.; LERNER, H. R. Plants in saline environments. In: PASSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop stress.** New York: Marcel Dekker. 1993. cap.4, p.65-96.
- POSTEL, S. Water for agriculture: Facing the limits. Washington: Worldwatch Institute. 1989. 54 p. Worldwatch Paper 93.
- PRISCO, L. T.; O'LEARY, J. W. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Turrialba*, San Jose, v.20, p.177-184, 1970.
- QUEIRÓS, M. S. **Tipos de covas e cobertura morta sobre a produção e qualidade dos frutos de maracujazeiro amarelo.** Areia. UFPB. 1997. 67p. (Dissertação de Mestrado)

- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, p.171-175, 1967.
- RAINS, D. W.; EPSTEIN, E. Preferential absorption of potassium by leaf tissue of the mangrove, *Avicennia marina*: An aspect of halophytic competence in coping with salt. **Australia. Journal Plant Physiology**, Melbourne, v.20, p.847 – 857, 1967.
- RATNER, E. I. **Physiological effect of alkalinity of soils and the ameliorative role of plant root system on solonetz (alkali soils)**. Pochvovedenie (pedology). p.205-227. 1994
- RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory. 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60)
- RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. **Soil Science**, Baltimore, v. 113, n.4, p. 277 – 284, 1972.
- RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D. R.; NIELSEN, D. R. (ed.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA. 1990. p. 1089 – 1142. (Agronomy, 30)
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A. M. **The use of saline water for crop production**. Rome: FAO. 1992. 133 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 48)
- RUGGIERO, C.; DURII, J. F.; GOES, A. de; et al. In: RUGGIERO, C. (Ed). **Maracujá – do plantio a colheita**. Jaboticabal: FCAVISBF. 1998. 388 p.
- RUSSO, D.; BRESLER, E. Soil-water-suction relationships as affected by soil solution composition and concentration. In: BANIN, A.; KAFKAFI (eds). **Agrochemicals in soils**. Pergamon Press.. 1980. p.287 – 296.
- SÁ, J. R. de. **Níveis de salinidade da água sobre o comportamento do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) cultivado em recipientes de polietileno**. Areia. UFPB. 1999. 53p. (Monografia de Graduação)
- SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton, Florida: CRC Press. 1984. V.2, p.53 – 58.
- SANTOS, J. B. dos. **Produção e qualidade da muda de maracujazeiro irrigada com água salina**. Areia. UFPB. 1999. 57 p. (Monografia de graduação)

- SANTOS, J.W.dos; MOREIRA, J.de A.N.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p. 225-230, 1998.
- SCHROEDER, J.I.; WARD, J.M.; GASSMANN, W. Perspectives on the physiology and structure of inward-rectifying K^+ channels in higher plants: Biophysical implications for K^+ uptake. **Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure**, v. 23, p.441-471, 1994.
- SHAINBERG, I.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water**. Bet Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65 p.
- SHALHEVET, J. Irrigation with saline water. In: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (eds.) **Arid zone irrigation**. Berlin: Springer – Verlag, 1973. cap.6, p. 263 – 276. (Ecological Studies, 5)
- SHALHEVET, J.; KANBUROV, J. **Irrigation and salinity: A world-wise survey**. New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage. 1976. 106p.
- SHALHEVET, J.; MORRIS, G.H.; SCROEDER, B.P. Root and shoot growth response to salinity in maize and soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.3 p.512-516, 1995.
- SHALHEVET, J.; YARON, B. Effect of soil and water salinity on tomato growth. **Plant and Soil**. v.39, p.285 – 292. 1973.
- SHANNON, M. C. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Horticulture Science**, Fort Collins, v.14, n.5, p.587-589, 1979.
- SHANNON, M.C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, v.60, p.75-120, 1997.
- SHANNON, M.C.; NOBLE, C.L. Variation in salt tolerance and ion accumulation among subterranean clover cultivars. **Crop Science**, Madison, v.35, p.798-804, 1995.
- SILVA, J. R. da, Cultura do maracujazeiro. Aspectos agronômicos da produção. In: **Semana de fruticultura e agroindústria – FRUTAL. 7**, Fortaleza, CE. 2000.

- SKENE, K. G. M. Cytokinin production by roots as a factor in the control of plant growth. *In: TORREY, J. G; CLARKSON, D. T. (eds.). The development and function of roots*, New York: Academic Press, 1975, Chap. 17.
- SMEDEMA, L. K.; RYCROFT, D. W. **Land drainage**: Planning and design of agricultural drainage systems. London: Editora Batsfort. 1988. 376p.
- SSSA – SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of Soil Science Terms**. Madison, USA, 1976. 677p.
- SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação de Mestrado)
- SOUZA, R. F. A. **Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de melão (*Cucumis melo* L.) e melancia (*Citrullus vulgaris*) sob diferentes salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1999. 96p. (Dissertação de Mestrado)
- STROGONOV, B. P. **Physiological bases of salt tolerance of plants**. Jerusalem, Israel: Program Science Translation, 1964. 279 p.
- STROMBERG, L. K. **Water quality for irrigation**. Fresno: Cooperative Extension of University of California, 1980. 20p.
- TANJI, K.K. Nature and extent of agricultural salinity. *In: TANJI, K. K.(ed). Agricultural salinity assessment and management*. New York: ASCE. 1990. cap.1. 17p.
- TANJI, K. K.; HANSON, B. R. Drainage and return flows in relation to irrigation management. *In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (co-eds.). Irrigation of agricultural crops*. Madison: American Society Agronomy, 1990. cap.35, p. 1057 – 1087. (MONOGRAPH, 30).
- TAYER, J. N. **Effect of irrigation methods with saline waters on maize production and salt distribution in soil**. Bari: – International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies. 1987. 285p. Thesis. (M.SC.)
- TEIXEIRA, C. G. **Maracujá: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Instituto de Tecnologia de Alimento – ITAL Campinas: 1994. 267 p. Série frutas tropicais 9.

- THOMSON, W. W. The structure and function of salt glands. *In*: POLJAKOFF, A.; GALE, J. **Plants in saline environments**. New York: Springer-Verlag. 1975. p.117-146.
- THORNE, D. W.; PETERSON, H. B. **Irrigated soils: Their fertility and management**. 2 ed. Bombay, New Delhi: M-Graw-hill. 1954. 329p.
- UHVITS, R. Effect of osmotic pressure on water absorption and germination of alfafa seeds. **American Journal of Botany**, New York, v.33, p.278-285, 1946.
- UNESCO/FAO. **Irrigation, drainage and salinity: an international sourcebook**. Paris: UNESCO, London: Hutchinson, 1973. 501p.
- van ALPHEN, D. W.; VERHOEVEN, B. **Salt-affected soils and their reclamation**. Wageningen: 22 International Course on Land Drainage. 1983. 34p.
- van BLADEL, R.; GHEYI, H. R. Thermodynamic study of calcium-sodium and calcium-magnesium exchange in calcareous soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 44, p.938 – 942, 1980.
- van HOORN, J. W.; van ALPHEN, J. G. Salinity control. *In*: RITZEMA, H. P. (ed.) **Drainage principles and applications**. 2ed. Wageningen: ILRI, 1994. cap.15, p.533-600. (ILRI Publication, 16)
- van RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres. Piracicaba: POTAFOS. 1991. 343 p.
- VASCONCELOS, M. F. **Comportamento de cultivares do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) sob diferentes percentagens de sódio trocável**. Campina Grande: UFPB, 1990. 76p. (Dissertação de Mestrado)
- VIANA, S. B. A. **Estresse salino na germinação, fase de muda e produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Campina Grande: UFPB, 2000. 127p. (Dissertação de Mestrado)
- WASEL, Y. **Biology of halophytes**. New York: Academic Press, 1972. 395p.
- WHALE, D. M.; HEILMEIER, H.; MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. **Annual. Botanical**, Oxford, v.56, p.631-650, 1985.

- WILCOX, L. V., DURUM, W. H. Quality of irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISER, R. H.; EDMINISTER, T. W. (eds). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: American Society of Agronomy, 1967, cap 9, p. 104 – 122. (Agronomy, 11)
- YADAV, J. S. P.; GIRDHAR, I. K. Effect of varying Mg/Ca ratio and electrolyte concentration in the irrigation water on the soil properties and growth of wheat. **Plant and Soil**. The Haque, v.56, n.3, p.413 – 427. 1980.
- YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (eds.). **Arid zone irrigations**. Berlin: Springer-Verlag. 1973. Cap. 4, p. 71 – 85. (Ecological Studies, 5)

7. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Seqüência de cálculo utilizada no preparo das águas de irrigação.

Exemplificando para a água de condutividade elétrica de 2 dS m⁻¹.

Seqüência:

1º: determinar os requerimentos de Na; Ca e Mg

Princípio: $\text{meq L}^{-1} = \text{CE}_a \cdot 10$ (0,1 < CE_a < 5 dS.m⁻¹)

então:

$$\text{meq L}^{-1} = 2,0 \text{ dS m}^{-1} \times 10 = 20 \text{ meq L}^{-1}.$$

2,0 dS m ⁻¹ = 20 meq L ⁻¹	Sódio	Cálcio	Magnésio
Proporção	7	2	1
Requerido (meq L⁻¹)	20 x 0,7 = 14	20 x 0,2 = 4	20 x 0,1 = 2
Q^{tidade} presente na água da CAGEPA (meq L⁻¹)	6,67	2,38	3,28

2º: determinação do grau de diluição.

Etapa necessária quando algum elemento na água da CAGEPA esteja em concentração acima do requerido, como ocorreu com o Mg. Por meio de tentativa determina-se o grau de diluição que satisfaça a condição. Neste caso uma parte de água destilada para uma parte de água de boqueirão foi o suficiente, como constatado abaixo.

	Sódio	Cálcio	Magnésio
Requerido (meq L⁻¹)	14	4	2
Q^{tidade} na água da CAGEPA	6,67	2,38	3,28
Diluição 1:1	$\frac{6,67}{2}$	$\frac{2,38}{2}$	$\frac{3,28}{2}$
Q^{tidade} na água após diluição 1:1 (meq L⁻¹)	3,33	1,19	1,64

3º: determinar por diferença a quantidade de cada componente da solução de irrigação.

Solução de 1N →	NaCl	CaCl ₂ 2H ₂ O	MgCl ₂ 6H ₂ O
Q^{tidade} de solução de 1N requerida por litro de água de irrigação em mL.	14 - 3,33 = 10,67	4 - 1,19 = 2,81	2 - 1,64 = 0,36
Q^{tidade} de água por litro de água de irrigação a preparar (mL)	1000 mL - (10,67 + 2,81 + 0,36) = 986,16 mL		
Como a diluição foi de 1:1, então os 986,17 mL = 493,08 mL de água destilada + 493,08 mL de água da CAGEPA			

APÊNDICE 2. Características químicas do material do solo utilizado no início, aos 138 e 276 dias após o transplântio na Etapa II (casa de vegetação).

Época	Nível Salino	Prof. (cm)	Características								
			Complexo Sortivo (meq 100 g ⁻¹ de solo)								
			Ca	Mg	Na	K	H	Al	CTC	pH (água)	CE _{1:2,5} (dS m ⁻¹)
Inicial			0,37	0,57	0,28	0,24	1,13	0,40	2,99	4,60	0,18
138 dias após transplântio	N ₁	0-20	13,21	4,81	0,76	0,26	0,98	0,00	20,02	6,85	0,26
		20-40	12,00	3,27	0,80	0,46	1,47	0,30	18,29	5,88	0,37
	N ₂	0-20	13,36	4,69	1,11	0,25	1,03	0,00	20,43	6,81	0,43
		20-40	11,83	3,05	1,69	0,38	1,52	0,40	18,86	5,78	0,83
	N ₃	0-20	13,09	5,01	1,99	0,29	1,00	0,00	21,38	6,57	0,70
		20-40	11,80	3,30	2,95	0,48	1,33	0,40	20,26	5,65	1,03
	N ₄	0-20	13,15	5,46	3,02	0,38	0,86	0,00	22,87	6,91	0,91
		20-40	11,95	4,11	3,38	0,50	1,30	0,30	21,54	6,16	1,20
	N ₅	0-20	12,87	5,28	2,63	0,38	0,97	0,00	22,13	6,87	0,92
		20-40	11,46	3,79	3,08	0,42	1,32	0,30	20,37	6,10	1,13
276 dias após transplântio	N ₁	0-20	2,27	3,88	1,20	0,12	0,00	0,00	5,60	7,17	0,32
		20-40	0,82	1,88	1,11	0,19	16,12	0,40	15,39	6,17	0,51
	N ₂	0-20	1,60	3,50	3,00	0,08	4,80	0,00	14,41	7,06	0,55
		20-40	0,81	2,36	3,98	0,12	16,19	0,40	15,91	6,36	0,58
	N ₃	0-20	1,00	3,60	3,62	0,19	3,50	0,00	13,77	5,38	0,76
		20-40	0,40	2,89	4,47	0,24	16,02	0,30	24,32	6,36	1,19
	N ₄	0-20	1,05	3,61	4,91	0,08	6,00	0,10	8,92	6,83	1,04
		20-40	1,03	3,44	4,99	0,03	5,40	0,20	17,58	6,75	1,20
	N ₅	0-20	1,26	4,95	5,19	0,06	0,00	0,00	8,59	7,05	1,11
		20-40	0,78	2,75	5,55	0,04	3,75	0,40	8,73	6,29	1,25

Época	NS	Prof. (cm)	mmol, L ⁻¹								pH _{ps}	CEes (dS m ⁻¹)
			Cl	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	Ca	Mg	Na	K		
Inicial			1,75	Aus	0,00	0,70	2,13	7,25	3,00	0,41	4,58	0,86
138 dias após transplântio	N ₁	0-20	6,56	Aus	0,00	3,27	2,42	5,84	6,46	0,17	6,74	1,38
		20-40	16,38	Aus	0,00	2,59	4,67	10,25	12,19	0,79	5,71	2,02
	N ₂	0-20	15,25	Aus	0,00	2,87	2,82	9,08	15,46	0,21	6,63	1,86
		20-40	45,58	Aus	0,00	2,25	9,59	15,96	40,03	0,99	5,62	4,43
	N ₃	0-20	29,94	Aus	0,00	3,25	5,38	10,88	27,24	0,34	6,57	3,15
		20-40	54,83	Aus	0,00	2,47	12,33	16,76	46,77	1,59	5,65	5,17
	N ₄	0-20	37,31	Aus	0,00	3,37	7,50	13,63	35,65	0,48	6,62	3,90
		20-40	56,25	Aus	0,00	2,87	11,81	15,92	44,91	1,86	5,99	5,48
	N ₅	0-20	39,56	Aus	0,00	3,40	8,50	12,79	44,41	0,49	6,56	3,81
		20-40	57,00	Aus	0,00	2,90	13,13	15,75	49,46	1,09	5,77	5,30
276 dias após transplântio	N ₁	0-20	13,88	Aus	0,00	3,63	1,84	8,91	13,47	0,29	6,97	1,72
		20-40	32,56	Aus	0,00	2,83	5,03	14,88	28,72	0,72	5,96	3,45
	N ₂	0-20	29,42	Aus	0,00	3,05	2,57	14,94	27,30	0,36	6,86	3,42
		20-40	86,88	Aus	0,00	2,93	16,32	20,75	60,64	0,90	6,13	6,77
	N ₃	0-20	49,06	Aus	0,00	3,03	6,00	16,19	44,47	0,80	6,84	4,89
		20-40	105,50	Aus	0,00	2,42	20,94	24,09	79,72	2,16	6,13	9,40
	N ₄	0-20	68,32	Aus	0,00	3,20	11,97	14,47	59,22	0,91	6,88	6,45
		20-40	124,42	Aus	0,00	3,28	22,96	25,21	88,30	2,17	6,34	9,84
	N ₅	0-20	71,00	Aus	0,00	3,63	20,57	15,75	67,97	0,85	6,89	7,40
		20-40	144,56	Aus	0,00	2,85	26,22	25,35	128,72	2,16	6,14	12,36

APÊNDICE 3. Características químicas do material do solo utilizado no início e 280 dias após o transplântio na Etapa III (São Gonçalo).

Época	Nível Salino	Prof. (cm)	Características								pH (água)	CE _{1:2,5} (dS m ⁻¹)
			Complexo Sortivo (meq 100 g ⁻¹ de solo)									
			Ca	Mg	Na	K	H	Al	CTC			
Inicial		0 - 15	8,57	5,89	0,27	0,49	2,96	0,00	18,19	6,87	0,18	
		15 - 30	8,26	5,97	0,26	0,40	2,09	0,00	16,97	7,00	0,12	
		30 - 45	6,96	6,17	0,22	0,39	1,37	0,00	15,11	7,07	0,29	
276 dias após transplântio	N ₁	0 - 15	6,18	5,18	0,89	2,12	1,38	0,10	15,85	6,47	0,28	
		15 - 30	6,63	4,89	0,78	1,65	1,09	0,10	15,15	6,58	0,24	
		30 - 45	6,14	5,10	0,72	1,34	1,07	0,10	14,47	6,68	0,15	
	N ₂	0 - 15	5,61	4,38	4,75	3,01	2,12	0,00	19,86	6,25	0,71	
		15 - 30	6,30	4,72	4,36	1,99	1,74	0,00	19,11	4,57	0,49	
		30 - 45	5,34	4,75	3,68	1,10	1,13	0,00	15,99	6,81	0,34	
	N ₃	0 - 15	6,43	4,96	7,53	1,54	0,88	0,00	18,22	6,66	1,15	
		15 - 30	5,85	4,63	6,95	1,25	0,59	0,00	19,28	6,73	0,78	
		30 - 45	5,58	4,29	7,96	1,27	0,29	0,00	19,39	6,99	0,56	
	N ₄	0 - 15	5,46	3,99	9,54	1,39	0,71	0,10	21,18	6,75	0,78	
		15 - 30	5,49	4,14	7,49	1,38	1,76	0,20	20,46	6,67	0,70	
		30 - 45	5,48	4,48	10,58	1,14	0,89	0,20	22,77	6,95	1,62	
	N ₅	0 - 15	4,24	3,10	12,55	0,87	0,00	0,00	20,76	7,13	0,89	
		15 - 30	3,98	3,73	11,25	1,10	0,00	0,00	20,07	7,11	0,64	
		30 - 45	4,20	3,73	12,24	0,77	0,00	0,00	20,95	7,25	0,53	

Época	NS	Prof. (cm)	mmol _e L ⁻¹									CEes (dS m ⁻¹)
			Cl	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	Ca	Mg	Na	K	PH _{ps}	
Inicial		0 - 15	4,00	Aus.	0,00	3,88	2,80	4,00	2,74	1,02	6,56	0,75
		15 - 30	3,35	Aus.	0,00	3,02	1,50	3,35	2,49	0,42	6,50	0,54
		30 - 45	3,20	Aus.	0,00	2,78	1,25	2,80	2,57	0,31	6,57	0,49
276 dias após transplântio	N ₁	0 - 15	2,17	Aus.	0,00	2,20	2,94	4,88	3,42	2,47	6,37	0,99
		15 - 30	3,00	Aus.	0,00	2,23	2,13	5,13	3,27	2,16	6,49	0,85
		30 - 45	2,06	Aus.	0,00	2,60	1,78	2,38	2,50	1,12	6,53	0,58
	N ₂	0 - 15	28,10	Aus.	0,00	2,35	5,25	7,00	23,72	2,43	5,99	3,58
		15 - 30	22,32	Aus.	0,00	1,73	4,25	5,58	19,72	2,01	5,98	2,76
		30 - 45	16,00	Aus.	0,00	1,98	2,72	4,81	15,97	1,05	6,48	1,90
	N ₃	0 - 15	34,15	Aus.	0,00	3,20	1,75	11,94	38,72	1,86	6,36	4,72
		15 - 30	42,25	Aus.	0,00	2,83	3,75	5,44	30,97	2,01	6,34	3,70
		30 - 45	28,81	Aus.	0,00	2,63	0,75	7,48	22,97	1,18	6,59	3,20
	N ₄	0 - 15	41,58	Aus.	0,00	3,38	2,19	6,50	67,22	1,91	6,48	4,13
		15 - 30	39,19	Aus.	0,00	3,18	2,70	5,72	63,22	1,23	6,44	3,70
		30 - 45	32,25	Aus.	0,00	3,68	1,29	6,39	58,72	0,93	6,62	3,17
	N ₅	0 - 15	50,83	Aus.	0,00	3,65	2,54	4,88	75,22	0,98	6,77	4,68
		15 - 30	38,00	Aus.	0,00	3,18	1,47	4,29	65,72	0,59	6,69	3,57
		30 - 45	31,13	Aus.	0,00	3,33	1,03	4,26	58,22	0,40	6,80	3,21

APÊNDICE 4. Fotos demonstrativas do estudo.

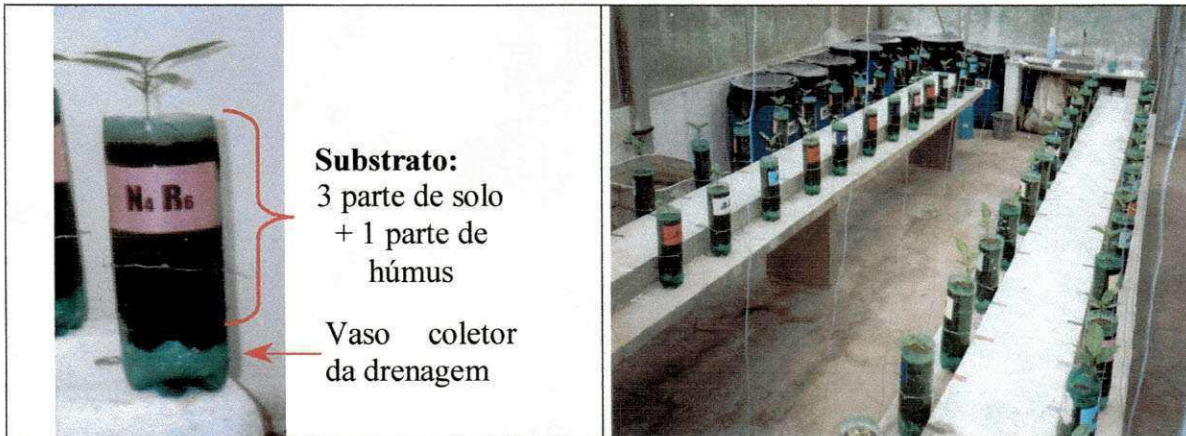


Foto 01. Vista do recipiente utilizado na Etapa I

Foto 02. Vista parcial do Etapa I

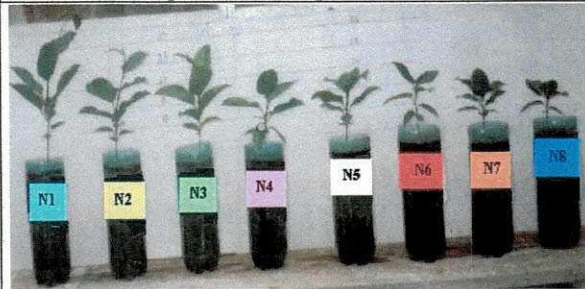
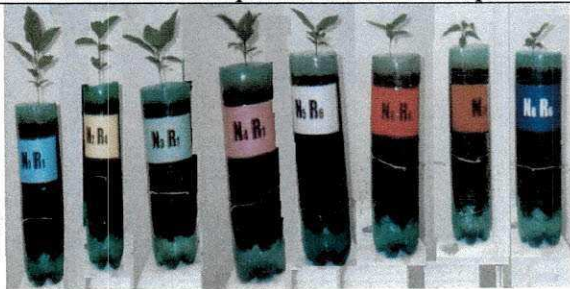


Foto 03. Crescimento da planta aos 32 (a) e 77 (b) dias após a semeadura

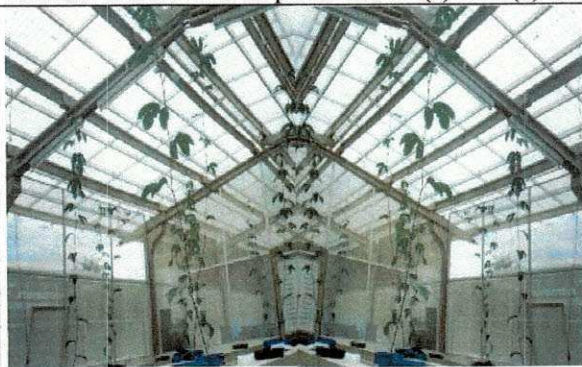


Foto 04. Comportamento do maracujazeiro aos 45 DAT (a) e aos 105 DAT da Etapa II.



Foto 05. Vista parcial da Etapa III