



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO, PRODUÇÃO DE
MUDAS E PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO (*Oryza
sativa* L.)**

DISSERTAÇÃO

LUIS NERY RODRIGUES

Impina Grande – Paraíba
Agosto – 2000

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO

**ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO, PRODUÇÃO DE
MUDAS E PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO (*Oryza
sativa* L.)**

DISSERTAÇÃO

LUIS NERY RODRIGUES

Campina Grande – Paraíba

Agosto – 2000

FICHA CATALOGRÁFICA

R696e 2000	Rodrigues, Luis Nery Estresse salino na germinação, produção de mudas e produção de arroz irrigado (<i>Oryza sativa</i> L.). Campina Grande:UFPB/CCT, 2000. 145p. Dissertação (Mestrado). DEAg/CCT/UFPB. 1. Salinidade da Água – Cultura do Arroz 2. Arroz – Cultura – Salinidade 3. Cultura do Arroz – Salinidade – Vigor 4. Cultura do Arroz – Salinidade – Produção
---------------	--

LUIS NERY RODRIGUES
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

**ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO, PRODUÇÃO DE
MUDAS E PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO**
(Oryza sativa L.)

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrícola (M.Sc.).

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR: PEDRO DANTAS FERNANDES – Doutor - UFPB/CCT/DEAg

CO-ORIENTADOR: HANS RAJ GHEYI – Doutor - UFPB/CCT/DEAg

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

AGOSTO – 2000

DLS
631.(043.3)

R6962

ex: 01



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

LUIS NERY RODRIGUES

Título: “Estresse salino na germinação, produção de mudas e produção de arroz Irrigado (*Oryza sativa* L.)”.

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes-Orientador

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi-Co-Orientador

Dr. José Geraldo R. dos Santos-Examinador

Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante-Examinador

AGOSTO - 2000

Em memória de meus avós maternos

Manoel Nery de Oliveira e Maria Carmelita

Ferreira, exemplos de paz e vida interior.

MINHA HOMENAGEM

Aos meus queridos pais, irmãos e parentes, OFEREÇO. Com muito amor, à minha querida esposa e filhos, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, de modo especial, por minha existência e por ter me proporcionado espírito de luta, firmeza e perseverança.

À Escola Agrotécnica Federal de Castanhal – EAFC - PA, pela oportunidade e confiança a mim depositada para a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro durante o curso.

Aos Drs. Pedro Dantas Fernandes e Hans Raj Gheyi, pelos ensinamentos ministrados, pela dedicação, apoio e orientação do trabalho.

À coordenação, aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) pela contribuição científica.

Aos colegas do curso e, em especial, Sérgio Batista Assis Viana, Paulo Torres Carneiro, Omar Cruz Rocha, Maria Betânia Rodrigues Silva e Lyndon Johnson R. Albuquerque, pelo proveitoso convívio, pelas valiosas ajudas, sugestões e incentivos.

À minha esposa, Aparecida Rodrigues Nery e aos filhos Lennon Rodrigo Rodrigues Nery e Ivan Luis Rodrigues Nery, pelo apoio e estímulo durante o período do curso.

Aos meus pais, Adão Rodrigues da Cunha e Maria Nery Rodrigues e aos irmãos pelos esforços despendidos na minha formação moral e educacional.

Enfim, gostaria de agradecer a todas as pessoas que mostraram interesse e que contribuíram de alguma forma para a conclusão desta dissertação.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1 – <u>INTRODUÇÃO</u>	19
2 – <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	22
2.1 – Considerações Gerais.....	22
2.2 – Efeitos dos Sais sobre as Plantas	25
2.2.1 – Potencial Osmótico e Crescimento da Planta.....	26
2.2.2 – Efeito Tóxico do Íon (Efeito Direto).....	26
2.2.3 – Efeitos Nutricionais (Efeitos Indiretos).....	28
2.3 – Tolerância das Plantas à Salinidade.....	28
2.3.1 – Critérios de Avaliação da Tolerância.....	30
2.3.2 – Mecanismos de Tolerância.....	31
2.3.2.1 – Mecanismo Morfológico.....	31
2.3.2.2 – Mecanismo Fisiológico.....	32
2.4 – Estudos de Salinidade em Arroz.....	33
2.5 – Qualidade da Água de Irrigação.....	36
3 – <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	38
3.1 – Experimentos e Genótipo Estudado.....	38
3.2 – Localização dos Experimentos.....	38
3.3 – Solo.....	39
3.4 – Experimento I – Germinação e Vigor	41
3.4.1 – Procedimento de Instalação.....	41

3.4.2 – Tratamentos e Irrigação.....	41
3.4.3 – Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CEad) e Evapotranspiração Real (ETR).....	43
3.4.4 – Teste de Germinação.....	43
3.4.5 – Teste de Vigor.....	44
3.4.5.1 – Características Avaliadas.....	44
3.4.6 – Análises Estatísticas.....	47
3.5 – Experimento II – Desenvolvimento e Produção.....	47
3.5.1 – Construção e Preparo dos Rizotrons.....	47
3.5.2 – Preenchimento dos Rizotrons e Adubações.....	48
3.5.3 – Transplântio.....	49
3.5.4 – Procedimento Experimental.....	50
3.5.5 – Irrigação e Drenagem.....	50
3.5.6 – Adubações Foliares.....	51
3.5.7 – Coleta Final das Plantas.....	51
3.5.8 – Variáveis Avaliadas.....	51
3.5.9 – Análises Estatísticas.....	56
4 – <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	57
4.1 – Experimento I – Germinação e Vigor.....	57
4.1.1 – Percentual de Germinação (PG).....	57
4.1.2 – Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CEad) e Evapotranspiração Real (ETR).....	60
4.1.3 – Vigor.....	63
4.1.3.1 – Índice de Velocidade de Emergência (IVE).....	63
4.1.3.2 – Fitomassa.....	65
4.1.3.3 – Relação Raiz Parte Aérea (R/PA).....	72
4.1.3.4 – Altura de Plântulas (H).....	77
4.1.3.5 – Comprimento Radicular (LR).....	78
4.1.3.6 – Número de Folhas (NF).....	79
4.1.3.7 – Teor de Água da Parte Aérea (TA).....	80
4.1.3.8 – Taxas de Crescimento.....	81

4.2 – Experimento II – Desenvolvimento e Produção.....	84
4.2.1 – Fenologia da Cultura.....	84
4.2.2 – Salinidade Final do Solo.....	86
4.2.3 – Altura de Plantas (H).....	90
4.2.4 – Número de Perfilhos (NPe).....	93
4.2.5 – Número de Panículas (NPn).....	96
4.2.6 – Componentes da Panícula.....	101
4.2.7 – Fitomassa Seca da Palha (FPL).....	106
4.2.8 – Fitomassa Seca de Raízes (FSR) e da Parte Aérea (FSPA).....	106
4.2.9 – Relação Raiz Parte Aérea (R/PA).....	109
4.2.10 – Peso de 100 Grãos (P_{100}).....	110
4.2.11 – Rendimento de Grãos (RG) e Rendimento Relativo (RR).....	110
4.2.12 – Evapotranspiração Real (ETR).....	114
4.2.13 – Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CEad).....	120
4.2.14 – Crescimento Radicular.....	123
5 – <u>CONCLUSÕES</u>	128
6 – <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	130
7 – <u>ANEXOS</u>	141

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Classificação de solos afetados por sais..... 25
2	Rendimento potencial em função da salinidade do solo e da água de irrigação e graus de tolerância de algumas culturas..... 30
3	Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade..... 37
4	Dados meteorológicos da estação do INMET (CNPA – EMBRAPA) de Campina Grande compreendendo o período experimental (Outubro/1999 – Abril/2000)..... 39
5	Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado como substrato nos experimentos..... 40
6	Composição química da água proveniente da CAGEPA, utilizada no preparo das águas de irrigação..... 42
7	Resumo da análise de variância e médias para percentual de germinação aos 5 (PG ₅) e aos 14 dias após semeadura (DAS) (PG ₁₄)..... 58
8	Volume de água aplicado (VA) e drenado (VD) por recipiente, condutividade elétrica média ponderada (CE _{ad}) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e evapotranspiração real (ETR) na primeira e segunda semana após semeadura..... 61
9	Resumo da análise de variância e médias para índice de velocidade de emergência (IVE) no 4º (IVE ₄) e no 5º dia após semeadura (DAS) (IVE ₅)..... 63
10	Resumo da análise de variância e médias para fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea, fitomassa seca de raízes (FSR) e fitomassa seca total (FST) por plântula..... 67
11	Desdobramento das interações significativas e médias para fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea, fitomassa seca de raízes (FSR) e fitomassa seca total (FST) por plântula..... 68
12	Resumo da análise de variância e médias para relação raiz parte aérea (R/PA), altura de plântulas (H), comprimento radicular (LR), número de folhas (NF) e teor de água da parte aérea (TA)..... 73
13	Desdobramento das interações significativas e médias para relação raiz parte aérea (R/PA), altura de plântulas (H) e comprimento radicular (LR)..... 75

14	Resumo da análise de variância e médias para taxa de crescimento absoluto da parte aérea (TCA_{PA}) e das raízes (TCA_R) e taxa de crescimento relativo da parte aérea (TCR_{PA}) e das raízes (TCR_R).....	83
15	Identificação da ocorrência e duração, em dias, dos estádios de desenvolvimento da cultura, a partir do transplântio.....	85
16	Características químicas de amostras dos materiais de solos, dos tratamentos, coletadas pós-colheita na profundidade média (20-30 cm) do rizotron.....	87
17	Resumo da análise de variância e médias para altura de plantas aos 18 (H_{18}), 36 (H_{36}), 54 (H_{54}), 72 (H_{72}) e 90 dias após transplântio (DAT) (H_{90}), em função dos tratamentos estudados.....	91
18	Resumo da análise de variância e médias para número total de perfilhos aos 18 (NPe_{18}), 36 (NPe_{36}), 54 (NPe_{54}), 72 (NPe_{72}) e 90 DAT (NPe_{90}), em função dos tratamentos estudados.....	93
19	Resumo da análise de variância e médias para número total de panículas, aos 90 (NPn_{90}), 98 (NPn_{98}), 106 (NPn_{106}), 114 (NPn_{114}) e 122 DAT (NPn_{122}), em função dos tratamentos estudados.....	97
20	Desdobramento das interações significativas e médias para número de panículas aos 106 e 114 DAT (NPn_{106} , NPn_{114}).....	99
21	Resumo da análise de variância e médias para número de grãos chochos (Gcho), número de grãos cheios (Gche), comprimento médio (LP), densidade média (DP), número de ramificações (NRP) e fitomassa seca (FP) da panícula, em função dos fatores estudados.....	102
22	Resumo da análise de variância e médias para fitomassa seca da palha (FPL), das raízes (FSR) e da parte aérea (FSPA), relação raiz parte aérea (R/PA), peso de 100 grãos (P_{100}) e rendimento de grãos (RG), em função dos fatores estudados.....	107
23	Rendimento relativo (RR) do arroz em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}) e do extrato de saturação (CE_{es}), segundo dados obtidos no experimento atual e os relatados por Maas & Hoffman (1977).....	112
24	Resumo da análise de variância para a evapotranspiração real acumulada (ETR) em sete épocas diferentes, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAT e por ocasião da colheita (ETR_T), bem como as médias acumuladas e diárias.....	116
25	Desdobramento das interações significativas e médias para evapotranspiração real acumulada aos 18, 36, 54 e 72 DAT.....	117

- 26 Resumo da análise de variância para a condutividade elétrica média ponderada da água de drenagem (CEad, dS m^{-1} a 25°C) em sete períodos, 0-18 (CEad₀₋₁₈), 19-36 (CEad₁₉₋₃₆), 37-54 (CEad₃₇₋₅₄), 55-72 (CEad₅₅₋₇₂), 73-90 (CEad₇₃₋₉₀), 91-108 DAT (CEad₉₁₋₁₀₈) e 109 DAT-Colheita (CEad_{109-C})..... 121
- 27 Resumo da análise de variância e médias para superfície de raízes aos 18 (S_{18}) e 54 DAT (S_{54}), profundidade de raízes aos 18 (P_{18}) e 54 DAT (P_{54}), velocidade média (V_m) e taxa de crescimento (TC) radicular do período compreendido entre 18 e 54 DAT..... 125

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1	Percentual de germinação do arroz (PG) aos 5 e 14 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 59
2	Condutividade elétrica (CEad) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e evapotranspiração real (ETR) na primeira e segunda semana após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 62
3	Índice de velocidade de emergência (IVE) no 4º e 5º dia após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 64
4	Fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea, fitomassa seca de raízes (FSR) e fitomassa seca total (FST) aos 8 e 13 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 69
5	Relação raiz parte aérea (R/PA), comprimento radicular (LR), altura de plântulas (H), número de folhas (NF) e teor de água (TA) aos 8 e 13 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 76
6	Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) da parte aérea e das raízes entre 8 e 13 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 83
7	Condutividade elétrica (CEes) e fator de concentração (FCes) do extrato de saturação, percentagem de sódio trocável (PST) e pH da pasta, pós-colheita, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 89
8	Altura de plantas em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), e variação temporal em função dos fatores 'N' e 'M' 92
9	Número de perfilhos (NPe) em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), e variação temporal em função dos fatores 'N' e 'M' 95
10	Número de panículas (NPn) em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), e variação temporal em função dos fatores 'N' e 'M' 100
11	Componentes da panícula em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai)..... 104

12	Fitomassa seca da palha (FPL), das raízes (FSR) e total da parte aérea (FSPA), relação raiz parte aérea (R/PA), peso de 100 grãos (P_{100}) e rendimento de grãos (RG), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}).....	108
13	Rendimento relativo (RR) do arroz em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}) e do extrato de saturação (CE_{es}) segundo o experimento atual e Maas & Hoffman (1977).....	113
14	Evapotranspiração real (ETR) acumulada em sete épocas em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}).....	118
15	Variação temporal da evapotranspiração real (ETR) acumulada e diária em função dos fatores 'N' e 'M'.....	119
16	Condutividade elétrica média da água de drenagem (CE_{ad}) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}).....	122
17	Variação temporal da condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{ad}) em função dos fatores 'N' e 'M' e do fator de concentração de sais (FC).....	123
18	Superfície de raízes primárias (S), profundidade radicular (P), velocidade média (V_m) e taxa de crescimento radicular (TC), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}).....	126

LISTA DE ANEXOS

Tabela		Página
A ₁	Dados e características da cultivar de arroz 'Formoso'	141
A ₂	Calendário de adubações do Experimento II.....	142
A ₃	Composição mineralógica do adubo foliar utilizado no Experimento II.....	142
A ₃	Características químicas de amostras dos materiais de solos, das parcelas, coletadas pós-colheita na profundidade média (20-30 cm) do rizotron.....	143

Figura		Página
A ₁	Visão geral do rizotron.....	144
A ₂	Visão geral do Experimento II.....	144
A ₃	Desenho de raízes primárias do arroz.....	145

RESUMO

Dois experimentos foram instalados na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB. O primeiro Experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação com o objetivo de estudar os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a germinação e vigor de plântulas da cultivar de arroz 'Formoso' (*Oryza sativa* L.). O segundo Experimento foi realizado em rizotrons sob proteção de cobertura plástica com o objetivo de avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção da cultivar. A cultura foi semeada em copos descartáveis contendo 314 g de substrato (3 partes de solo e 1 parte de húmus de minhoca). No Experimento I, a germinação e vigor foram estudados adotando-se um delineamento inteiramente casualizado com 5 níveis de salinidade da água de irrigação ($N_1-0,50$, $N_2-2,50$, $N_3-4,50$, $N_4-6,50$ e $N_5-8,50$ $dS\ m^{-1}$) e 5 repetições. A cultivar mostrou-se tolerante à salinidade na fase de germinação, atingindo níveis de germinação superior a 87 % (14 dias após semeadura - 14 DAS) sob todos os tratamentos. Para o vigor de plântulas foi adotado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5×2 com 5 repetições; os níveis de salinidade foram os mesmos e o vigor foi avaliado em 2 épocas ($E_1 - 8$ DAS, $E_2 - 13$ DAS). O vigor foi avaliado através das variáveis, índice de velocidade de emergência, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo da parte aérea e das raízes, altura de plântula, comprimento radicular, peso da matéria seca das raízes e da parte aérea e relação raiz parte aérea. A maior parte das sementes germinou aos 4 DAS e as taxas de crescimento e de crescimento relativo da parte aérea foram maiores em comparação às raízes. O Experimento II foi conduzido em 30 rizotrons de drenagem contendo 22 kg de solo devidamente adubado e corrigida devido a acidez. As plântulas foram transplantadas aos 18 DAS; as parcelas eram irrigadas diariamente com uma lâmina de 57 mm. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5×2 com 3 repetições. Foram utilizados 5 níveis de salinidade da água ($N_1-1,00$, $N_2-2,00$, $N_3-3,00$, $N_4-4,00$ e $N_5-5,00$ $dS\ m^{-1}$) e, 2 tipos de plântulas (M_0 - mudas produzidas sem estresse salino, irrigadas com CE_{ai} igual a $0,50$ $dS\ m^{-1}$ e M_1 - mudas produzidas sob condições de estresse salino, irrigadas com CE_{ai} de $8,50$ $dS\ m^{-1}$). Neste experimento, avaliou-se a duração dos estádios fenológicos, altura de plantas, matéria seca das raízes e da parte aérea, relação raiz parte aérea, número de perfilhos e de panículas, componentes da panícula, peso de 100 grãos,

rendimento de grãos, evapotranspiração real e crescimento radicular. A salinidade da água de irrigação retardou a duração do período vegetativo e o ciclo fenológico. O estágio de floração teve a duração encurtada com o incremento da salinidade, entretanto o período de enchimento efetivo de grãos não sofreu alteração. O aumento do nível salino da água de irrigação induziu redução significativa no crescimento dos dois tipos de mudas. A altura de planta, o peso da matéria seca das raízes e da parte aérea, número de perfilhos e panículas, componentes da panícula (grãos cheios e chochos, comprimento, densidade, número de ramificações e peso seco), peso de 100 grãos, rendimento de grãos e a taxa de evapotranspiração real foram reduzidos com o aumento da concentração salina. O fator tipo de muda (M_0 e M_1) não teve influência sobre o rendimento de grãos e peso de 100 grãos; as plantas originadas de mudas produzidas em condições de estresse salino (M_1) apresentaram taxa de evapotranspiração real significativamente menor e maior eficiência de utilização de água. Portanto, é vantajoso usar água de baixa qualidade (água salina) para produção de mudas de arroz.

PALVARAS-CHAVE: salinidade da água, irrigação, vigor.

**SALINE STRESS ON GERMINATION, PRODUCTION OF SEEDLINGS
AND PRODUCTION OF IRRIGATED RICE (*Oryza sativa* L.)**

ABSTRACT

Two experiments were installed in the experimental area of the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Paraíba, Campina Grande-PB. First Experiment was carried out under greenhouse conditions with the purpose of studying the deleterious effects of irrigation water salinity on the germination and seedling vigor of the 'Formoso' rice cultivar (*Oryza sativa* L.). Second Experiment conducted in rhizotrons under plastic protection had the objective to evaluate the growth, development and production of the cultivar. Crop was sown in small plastic pots containing 314 g of substrate (3 parts of soil and 1 part of organic matter). In the Experiment I the germination and vigor were studied adopting a completely randomized design with 5 levels of salinity of the irrigation water – EC_w (0.50, 2.50, 4.50, 6.50 and 8.50 dS m⁻¹) and 5 replications. Cultivar was shown to be tolerant to the salinity in the germination stage, reaching levels of germination above 87 % (14 days after sowing - 14 DAS) in all the treatments. For the seedling vigor a completely randomized design was adopted in 5x2 factorial scheme with 5 replications. The salinity levels studied were the same and vigor was evaluated on 2 dates (E₁ - 8 DAS, E₂ - 13 DAS). Vigor was evaluated through the variables - index of emergency speed, growth rate and the relative growth rate of the root and shoot, height of seedling, root length, root and shoot dry weight and root/shoot relationship. Most of the seeds germinated at the 4 DAS, the growth rate and relative growth rate of the shoot were larger in comparisons to roots. The Experiment II carried out in 30 drainage rhizotrons containing 22 kg of soil adequately fertilized and corrected for acidity. Seedlings were transplanted on 18 DAS; plots were irrigated daily with 57 mm water depth. A completely randomized design was adopted in a 5x2 factorial scheme with 3 replications, the 5 salinity levels used were 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 and 5.00 dS m⁻¹ and, 2 types of seedlings (S₀ - seedlings without saline stress irrigated with EC_w equal to 0.50 dS m⁻¹ and S₁ - seedlings produced under saline stress irrigated with EC_w of 8.50 dS m⁻¹). In this experiment evaluations were made for duration of phenological stages, height of plants, root and shoot dry matter, root/shoot relationship,

number of tillers and panicles, components of the panicles, 100 grains weight, grain yield, real evapotranspiration and root growth. Irrigation water salinity delayed the vegetative period and duration of phenological cycle. Heading stage had duration shortened with the increase of salinity, however effective filling period for grains did not suffer alteration. Increase of the saline level of irrigation water induced significant reduction in growth of the two types of seedlings. Height of plants, root and shoot dry matter weight, number of tillers and panicles, components of the panicle (grain sterility, length, density, number of ramifications and dry weight), 100 grains weight, grain yield and real evapotranspiration rate reduced with the increase of the saline concentration. The factor types of seedlings (S_0 and S_1) did not influence grain yield and 100 grains weight; plants originated of seedlings produced under conditions of saline stress (S_1) presented real evapotranspiração rate significantly smaller and larger efficiency of use of water. Therefore, it is advantageous to use low quality water (saline water) for production of rice seedlings.

KEY-WORDS: water salinity, irrigation, vigor.

1 – INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.), pertencente à família Gramínea (*Poaceae*), é uma planta cosmopolita, que pode viver tanto em clima tropical como sub-tropical. Originário da Ásia, é, atualmente, cultivado em mais de 110 países, desde 53° latitude N a 40° S, constituindo-se no principal alimento de grande parte da população mundial. A orizicultura ocupa o segundo lugar em área e produtividade e o terceiro lugar em produção, sendo superado apenas pelo milho e trigo (Fageria, 1984).

Em nível mundial, o Brasil ocupa o sexto lugar em área e o nono em produção de arroz, situando-se o seu cultivo, entre os cereais, em terceiro lugar em área e produção, perdendo somente para a soja e o milho. Faz parte da dieta básica da população brasileira e é importante fonte de carboidratos, nutrientes e proteínas (Fageria, 1984).

O arroz é cultivado em todos os Estados do Brasil sob diferentes condições de clima, solo e técnicas de manejo, com níveis de produtividade que variam de aproximadamente 600 a 4000 kg ha⁻¹, de acordo com o nível tecnológico e sistema de cultivo (Anuário Estatístico do Brasil, 1984; 1985). É considerada a segunda cultura de maior risco do Brasil, segundo constatação do Banco Central, uma vez que a estrutura de produção existente no País apoia-se, predominantemente, no cultivo de sequeiro, passível de estiagens prolongadas, comprometedoras da produção (Campos, 1981).

O cultivo do arroz, em condições irrigadas, o manejo adequado de água e a alta tecnologia, proporciona os maiores rendimentos por unidade de área e a obtenção de um produto de melhor qualidade, com menores riscos e perdas. No semi-árido do Nordeste do Brasil, devido à irregularidade das chuvas, se faz necessário o emprego de irrigação, com as devidas precauções para se evitar o agravamento dos problemas de salinidade, existentes. Segundo Goes (1978), cerca de 20,00 a 25,00 % das áreas irrigadas, nessa

região, encontram-se salinizadas. São aproximadamente 9 milhões de hectares afetados por sais cobrindo sete estados, sendo grande parte na Bahia (44,00 % do total), seguido pelo Ceará com 25,50 % da área salinizada total do País.

A salinização ocorre em regiões distintamente diferentes, como as situadas em litoral, as áridas e as semi-áridas. Na faixa litorânea, a salinização é consequência da inundação do solo pela água salgada dos mares ou oceanos (Fageria & Gheyi, 1997; Oliveira, 1997). Nas regiões áridas e semi-áridas, a salinização é decorrência da natureza física e química dos solos, do regime pluvial e da alta evaporação; naturalmente, o uso de irrigação acarreta a incorporação de sais ao perfil do solo, pois, a água contém sais solúveis e seu uso constante, na ausência de lixiviação, faz com que o sal se deposite na zona do sistema radicular, devido à evaporação (Lima, 1998). A drenagem restrita contribui, também, para a salinização dos solos irrigáveis, podendo influir na altura do lençol freático (Cruciani, 1983; Pizarro, 1985).

A salinização do solo progride quando a quantidade de sais que nele é acumulada, pela água de irrigação, é maior do que a quantidade removida pela água de drenagem. A rapidez com que o sal se acumula na zona radicular é determinada pela qualidade da água de irrigação, método de irrigação, tipo de drenagem, precipitação pluviométrica, grau de permeabilidade do solo e pelo nível do lençol freático. O rendimento das culturas diminui quando o teor de sais na solução do solo é tal que não permite a retirada de água da zona radicular, pelas culturas, em quantidade suficiente às suas necessidades; também, por efeito tóxico de alguns íons ou por interferência causada pela salinidade na nutrição das plantas (Ayers & Westcot, 1991).

Previsões indicam que a população mundial será praticamente duplicada nos próximos 50 anos (previsões de passar de 5,5 bilhões, atualmente, para mais de 10 bilhões em 2050), sendo que grande parte desse aumento demográfico está projetada nos países em desenvolvimento, onde se localiza a maior parte dos solos afetados por sais e onde a demanda de alimentos é maior. Nesse contexto, a incorporação das áreas afetadas por sais, no processo produtivo de alimentos, constitui-se de fundamental importância do ponto de vista sócio-econômico (Fageria & Gheyi, 1997). Relevante, igualmente, será todo esforço em identificar materiais genéticos, adaptados para cultivo nessas condições. Segundo a literatura, existe variabilidade genética, entre genótipos de arroz para a tolerância à salinidade (Fageria, 1984; Shalhevet *et al.*, 1995).

Considerando-se a importância de se testar o comportamento de novas cultivares, em diferentes condições de salinidade, como no caso da cv. 'Formoso' de arroz, lançada recentemente pela EMBRAPA, para áreas irrigadas, foi conduzido este trabalho, com o objetivo de se estudar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre:

- a) germinação e formação de mudas de arroz;
- b) crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, em todo o ciclo fenológico, a partir de mudas formadas em condições de baixa e alta salinidade;
- c) características químicas do solo sob o cultivo de arroz após colheita.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Considerações Gerais

Os sais podem estar presentes no solo como conseqüência de muitos processos, entre os quais os de formação do solo, os decorrentes de irrigação mal projetada e ou mal conduzida, ou mesmo, como conseqüência de inundações naturais, como as que ocorrem em várzeas amazônicas, marginais aos rios que sofrem intrusão de água salina, causada pela preamar (Lima, 1998). Os sais formados são, geralmente, transportados pela água até os mares ou depósitos continentais. Nas regiões áridas e semi-áridas, devido à baixa pluviosidade e/ou drenagem insuficiente, as águas, contendo certo teor de sais quando depositadas em depressões, aumentam gradativamente os teores de sais no solo devido à evaporação, dando origem ao processo de salinização (FAO/UNESCO, 1973).

Em muitas partes do mundo os solos têm sido salinizados devido à presença de lençol freático elevado. Para a recuperação desses solos, o lençol freático deve ser abaixado através de drenagem, seguido pela lixiviação para remover os sais do perfil do solo (ILRI, 1989).

No processo de acumulação de sais, como conseqüência da evaporação, geralmente, o sódio se torna um dos principais cátions da solução do solo, face à precipitação do cálcio e magnésio na forma de carbonato e do cálcio na forma de sulfato, dando origem ao processo de sodificação do solo. O sódio trocável, a partir de certo limite, causa a dispersão das argilas, originando uma camada inferior densa e de baixa permeabilidade, com condições desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas (Richards, 1977; Daker, 1988). Nessas condições o cultivo do arroz contribui para a redução da percentagem de sódio trocável do solo - PST (Silva, 1997; Gomes, 1998).

A medição da salinidade do solo, tanto em termos globais quanto relativamente aos íons individuais, é normalmente feita através do extrato de saturação do solo - CEes (Yadav *et al.*, 1979; Robbins, 1990; Jurinak, 1990). O extrato de saturação equivale à menor porção de água contida no solo, que pode ser facilmente extraída a vácuo, pressão ou centrifugação, enquanto fornece volume necessário para realização de análises químicas. Em termos comparativos, o teor de água da pasta de saturação corresponde, aproximadamente, a duas vezes a umidade do solo ao nível de capacidade de campo, na maioria dos solos (Slavich & Peterson, 1993).

No Brasil, o problema da salinização dos solos irrigados está presente em quase toda a área do chamado polígono das secas, que inclui os nove estados do Nordeste brasileiro. De acordo com Pizarro (1985), alguns solos dos perímetros irrigados do Nordeste têm sérios problemas de salinidade, provocando diminuição nos rendimentos dos cultivos e levando os agricultores, às vezes, a abandonarem as áreas. Nos projetos de irrigação dessa região, estima-se que, aproximadamente, 20,00 % da superfície atualmente irrigada esteja afetada por sais (Goes, 1976). Para outros autores (Goes, 1978; Cordeiro & Millar, 1978), esse percentual é maior, oscilando entre 25,00 % e 30,00 %.

Um outro fator de salinização de terras é a qualidade da água utilizada em irrigação. Em linhas gerais, em torno de 70,00 % das fontes de água, em Estados do Nordeste, foram avaliadas como de qualidade satisfatória para irrigação (Holanda & Amorim, 1997). Considerando-se apenas esse aspecto, poder-se-ia esperar que nas áreas irrigadas com águas dessa qualidade não houvesse problemas de acumulação de sais, o que não é verdade. O manejo inadequado da irrigação provocou a acumulação de sais, por falta de drenagem, ou promoveu a elevação do lençol freático, com conseqüente aumento das áreas salinizadas.

Segundo Bernardo (1995), os principais problemas de salinização no país estão surgindo nos projetos de irrigação, notadamente nos projetos públicos situados no “polígono das secas”. A principal causa da salinização desses projetos não está diretamente relacionada com a qualidade da água usada na irrigação, mas sim, à falta de drenagem, associada à baixa eficiência da irrigação por superfície, na maioria dos casos. Isso tem causado uma rápida ascensão do lençol freático que, somando-se à grande demanda evapotranspirométrica da região, propicia um fluxo ascendente, a partir do lençol freático

e, conseqüentemente, maior concentração de sais à medida que se aproxima da superfície do solo.

De acordo com Richards (1977), Pizarro (1985) e Szabolcs (1989), um dos meios mais efetivos para controlar o problema da salinidade, consiste na lixiviação dos sais e no rebaixamento do lençol freático, o que pode ser viabilizado aplicando-se uma lâmina de irrigação adicional e considerando sistemas de drenagem subterrânea que possibilitem coletar e conduzir a água salina de drenagem para fora da área irrigada.

A classificação dos solos afetados por sais é baseada na concentração de sais solúveis (expressa por meio da condutividade elétrica - CE), contidos na solução do solo e na percentagem de sódio trocável (PST). A CE indica os efeitos da salinidade sobre as plantas e, segundo Ferreira (1997), expressa a habilidade de um meio em conduzir corrente elétrica. A determinação da CE geralmente envolve a medição de resistência elétrica da solução, a qual é inversamente proporcional à sua área seccional e diretamente proporcional ao seu comprimento. A PST indica os efeitos do sódio sobre as propriedades do solo. A linha divisória entre solos salinos e solos não-salinos tem estabelecido o valor de $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ para extratos da pasta saturada do solo. Entretanto, podemos encontrar plantas sensíveis à sais, que podem ser afetadas em solos cujo extrato de saturação apresenta CE entre $2,00$ e $4,00 \text{ dS m}^{-1}$. O Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo tem recomendado baixar o limite entre solos salinos e não-salinos para $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ (Bohn *et al.*, 1985). A classificação tradicional e a recentemente proposta são apresentadas na Tabela 1.



Tabela 1. Classificação de solos afetados por sais.

Solos	Classificação tradicional (Richards, 1977)	Classificação proposta (Bohn <i>et al.</i> , 1985)
Não salinos	CEes < 4,00 dS m ⁻¹	CEes < 2,00 dS m ⁻¹
	PST < 15,00 pH < 8,50	PST < 15,00 pH < 8,50
Salinos	CEes > 4,00 dS m ⁻¹	CEes > 2,00 dS m ⁻¹
	PST < 15,00 pH < 8,50	PST < 15,00 pH < 8,50
Sódicos	CEes < 4,00 dS m ⁻¹	CEes < 2,00 dS m ⁻¹
	PST > 15,00 pH > 8,50	PST > 15,00 pH > 8,50
Salinos-sódicos	CEes > 4,00 dS m ⁻¹	CEes > 2,00 dS m ⁻¹
	PST > 15,00 pH < 8,50	PST > 15,00 pH < 8,50

2.2 – Efeitos dos Sais sobre as Plantas

Plantas adversamente afetadas pela salinidade crescem mais lentamente e são, por essa razão, atrofiadas. As folhas são menores, mas podem ser mais espessas do que as de plantas normais. A coloração das folhas das plantas afetadas, muitas vezes, apresenta-se de um verde mais escuro. Ocorre, também, o atrofiamento dos frutos, das folhas e dos caules. Esses sintomas são característicos de culturas anuais (Strogonov, 1964).

Em termos generalizados, os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais, sumariados por Allison (1964) e Tayer (1987), são:

- a) seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico;
- b) efeito tóxico de íons, principalmente, cloro e sódio;
- c) desbalanceamento nutricional, provocado pela elevada concentração iônica, especialmente de íons sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes.

2.2.1 – Potencial Osmótico e Crescimento da Planta

A presença de sais em excesso na solução do solo diminui o potencial osmótico, chegando ao ponto em que a força de sucção das raízes não consegue mais se contrapor ao potencial osmótico e, em consequência, as plantas não conseguem absorver água (Hayward & Spurr, 1944; Pizarro, 1985). Mas, de acordo com Bernstein (1975), as plantas em meio salino podem aumentar sua concentração osmótica interna pela produção de ácidos orgânicos e açúcares. Esse processo (mecanismo) é chamado de ajustamento osmótico.

Em condições salinas, ocorre uma redução na disponibilidade de água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo, o potencial total deste irá sofrer redução, devido à contribuição do potencial osmótico (Lima, 1997). Embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver, o fato de parte da energia ser utilizada nesse mecanismo pode se refletir negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas (Daker, 1988).

2.2.2 – Efeito Tóxico do Íon (Efeito Direto)

Certos íons exercem funções específicas que diminuem o crescimento, independentemente do efeito osmótico. Esses íons específicos podem ser tóxicos ou causar deficiência de outro nutriente. Em solos salinos, é mais comum a toxidez de sódio, cloro e boro (Allison, 1964; Fageria, 1984).

Dentre os íons que podem apresentar toxidez específica, os mais evidentes, nos solos salinos do Nordeste, são o sódio e o cloreto (Lima, 1997). Os sintomas de toxidez causada pelo sódio não são de fácil identificação; inicialmente, surgem nas folhas mais velhas, caracterizando-se por queimaduras ou necrose nas bordas do limbo foliar, espalhando-se, progressivamente, à medida que se intensifica a toxidez na área internervural até o centro das folhas (Ayers & Westcot, 1991).

Segundo Akbar *et al.* (1972) e Fageria (1984), a salinidade afeta menos a massa verde e o número de perfilhos na cultura de arroz. Campos (1986) verificou que o número de perfilhos por planta, mesmo sendo uma característica genética, sofre redução significativa quando a concentração de NaCl reduziu o potencial osmótico da solução

nutritiva para $-0,4$ MPa. Essa redução no perfilhamento influenciou na diminuição do peso da matéria seca total. Essa redução deveu-se mais ao menor alongamento das raízes do que ao seu peso.

Bari *et al.* (1973) afirmam que a parte aérea do arroz é mais tolerante à salinidade do que a raiz. Bernstein (1975) cita que, apesar de as raízes serem expostas, diretamente, aos ambientes salinos, seu crescimento é menos afetado do que o da parte aérea, aumentando, com isso, a relação raiz/parte aérea (R/PA), tendo como consequência, o aumento da capacidade de absorção de água e diminuição da transpiração. Campos (1986), trabalhando com arroz, verificou redução significativa no crescimento das plantas, sobretudo na parte aérea, expressa em termos de redução da fitomassa seca e aumento da relação R/PA, com aumento da concentração salina na solução nutritiva, em virtude do acúmulo crescente de sódio na parte aérea, entretanto, verificou que, em algumas cultivares, a R/PA diminuiu a medida que o potencial osmótico diminuía. As diferenças encontradas na literatura são compreensíveis, uma vez que 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, 1977; Maas & Hoffman, 1977; Fageria *et al.*, 1981; Fageria, 1984; Lauchli & Epstein, 1990)

Embora a maioria das plantas seja mais tolerante à salinidade nos estádios avançados de desenvolvimento, há exceções, como o arroz, que é mais sensível durante o florescimento; enquanto outras espécies são mais prejudicadas pela salinidade durante a germinação e durante os primeiros estádios de crescimento (Lima, 1997). De acordo com Shalhevet *et al.* (1995), resultados de experimentos conduzidos em casa de vegetação mostram que o sorgo, o trigo e o caupi são mais sensíveis durante o estágio vegetativo e no início da fase reprodutiva, menos sensíveis no estágio de floração e tolerantes durante o enchimento de grãos.

As halófitas acumulam certos íons inorgânicos em altas concentrações e se utilizam deles para manter o potencial osmótico dos tecidos menor do que o potencial externo. Em muitas alicofíticas, a diferença entre cultivares tolerantes à salinidade é relacionada ao baixo teor de absorção e à acumulação de Na^+ ou Cl^- em toda a planta ou na parte aérea. Neste caso, a tolerância é relacionada ao mecanismo de exclusão de íons (Fageria & Gheyi, 1997). Segundo o IRRI (1994), nas cultivares de arroz tolerantes, o teor de Na^+ na parte aérea é muito menor que nas cultivares suscetíveis. Lauchli (1984)

observou que a maioria das leguminosas responde à salinidade pela exclusão de sais das folhas. Tolerância à salinidade em soja, alfafa e trigo é também relacionada à exclusão de Na^+ e ou Cl^- da parte aérea (Noble & Rogers, 1992). Assim, pode ser um bom critério a seleção dessas espécies com base na exclusão de Na^+ ou Cl^- .

2.2.3 – Efeitos Nutricionais (Efeitos Indiretos)

A salinidade pode causar desequilíbrio nutricional, inibindo o crescimento dos vegetais. Como as plantas diferem, consideravelmente, com relação à quantidade de nutrientes absorvidos, o efeito da salinidade varia bastante de espécie para espécie (Fageria, 1984).

O excesso de um íon pode provocar deficiência de outro, devido à sua precipitação ou inibição; como exemplo, o excesso de sulfato, carbonato ou bicarbonato pode precipitar o cálcio, afetando o crescimento da planta pela reduzida disponibilidade desse elemento e não pelo excesso do ânion. Alta concentração de sulfato geralmente diminui a absorção de cálcio e aumenta a de sódio (Hayward & Wadleigh, 1949). Segundo Brown *et al.* (1953), com o aumento da absorção de íon sódio, o sulfato pode induzir a toxidez de sódio, em espécie susceptível.

2.3 – Tolerância das Plantas à Salinidade

As plantas tolerantes à salinidade são designadas como plantas halófitas e sua tolerância pode atingir até cerca de 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 acumulam 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 metabólitos ali presentes. Esses solutos são, na maioria, orgânicos como

compostos nitrogenados e, em algumas plantas, açúcares como o sorbitol (Lauchli & Epstein, 1990).

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. Por exemplo, em cenouras, o aumento de concentração de sacarose, sob condições salinas, é o componente principal de ajustamento osmótico, mas, em beterraba, os sais são o principal componente, em lugar de sacarose (Chapman, 1960).

Entre as halofíticas, as eualofíticas ajustam-se ao ambiente salino pela acumulação de grande quantidade de sal, geralmente o NaCl (Waisel, 1972). Essas plantas possuem mecanismos de adaptação para alta concentração de sais pelo aumento de succulência 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 (Waisel, 1972; Fageria, 1984).

Apesar do ajustamento osmótico, o crescimento da planta é reduzido pela salinidade. A energia necessária ao crescimento é desviada para a osmorregulação, com prejuízos para o alongamento da célula, refletindo-se na perda de crescimento da planta. A partir de resultados obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – CNPAF, foi verificado que, com o aumento do nível de salinidade, reduziram-se a altura, o número de perfilhos e o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes de cultivares de arroz.

Ao contrário, as plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os sais na absorção da solução do solo e, por não serem capazes de realizar o ajuste osmótico, sofrem com o decréscimo de turgor, levando ao estresse hídrico por osmose.

A tolerância à salinidade de algumas culturas pode alcançar valores entre 8 a 10 vezes os níveis de tolerância de outras. A amplitude dessa tolerância relativa permite maior uso das águas de salinidade moderada e aumenta a faixa aceitável das águas salinas, consideradas adequadas para irrigação. A Tabela 2 inclui valores de tolerância de algumas espécies.

Tabela 2. Rendimento potencial em função da salinidade do solo e da água de irrigação e graus de tolerância de algumas culturas.

Culturas	Rendimento potencial ¹						b	Toler.
	100%		75%		50%			
	CEes	CEai	CEes	CEai	CEes	CEai		
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	3,00	2,00	5,10	3,40	7,20	4,80	12,00	MS
Algodoeiro (<i>G. hirsutum</i>)	7,70	5,10	13,00	8,40	17,00	12,00	5,20	T
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	6,00	4,50	9,50	6,30	13,00	8,70	7,10	MT
Soja (<i>Glycine max</i>)	5,00	3,30	6,30	4,20	7,50	5,00	20,00	MT
Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	4,90	3,30	7,00	4,70	9,10	6,00	12,00	MT
Milho (<i>Zea mays</i>)	1,70	1,10	3,80	2,50	5,90	3,90	12,00	MS
Feijoeiro (<i>P. vulgaris</i>)	1,00	0,70	2,30	1,50	3,50	2,40	20,00	S

Fonte: Adaptado de Maas & Hoffman (1977), Cruciani (1983), Maas (1984).

¹ A relação entre as salinidades do solo e da água (CEes = 1,5 CEai) supõe fração de lixiviação equivalente a 15 a 20% e um modelo de uso de água 40-30-20-10 (Padrão de extração normal).

b = Percentagem de redução do rendimento por unidade de salinidade que excede o limite limiar.

MS = moderadamente sensível; T = Tolerante; MT = Moderadamente tolerante; S = Sensível.

A tolerância das culturas aos sais é, convencionalmente, expressa em termos de rendimento relativo (RR), salinidade limiar (SL) e percentagem de redução do rendimento por aumento unitário da salinidade acima do valor limiar (*b*) (Maas & Hoffman, 1977). A relação linear entre salinidade e rendimentos é dada por:

$$RR = 100 - b(CEes - SL); \quad CEes > SL \quad (\text{eq. 1})$$

2.3.1 – 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 os efeitos do excesso de sais, presentes na solução do solo, sem a ocorrência de perdas significativas de seus rendimentos, quando comparados àqueles obtidos sob condições não salinas (Maas, 1990).

São três os critérios utilizados para se avaliar a tolerância de uma espécie ou cultivar à salinidade (Hayward & Wadleigh, 1949; Daker, 1988):

- a) Capacidade para sobreviver em solos salinos. Critério de julgamento é muito usado pelos ecologistas, mas com pouca significação prática no que se refere à agricultura irrigada;
- b) Rendimento em solos salinos. Critério largamente utilizado pelos pesquisadores, de muita utilidade sob o ponto de vista agrônomo para comparar o comportamento de cultivares de uma mesma espécie; a mais produtiva é a mais tolerante;
- c) Rendimento relativo, comparado ao obtido em solos não salinos. Compara-se o comportamento de uma planta ou cultivar submetida a um certo nível de salinidade com o seu comportamento em solo não salino. Este critério é usado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos - USLL para preparação de tabelas de tolerância relativa das diferentes plantas à salinidade e fornece subsídios aos programas de melhoramento genético de cultivares tolerantes à salinidade.

2.3.2 – Mecanismos de Tolerância

2.3.2.1 – Mecanismo Morfológico

Segundo Fageria (1984), o mais evidente mecanismo da tolerância aos sais é a adaptação morfológica das plantas. O principal efeito negativo da salinidade é a diminuição da disponibilidade de água. Portanto nas 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;
- Poucos estômatos por unidade de área foliar;
- Espessamento da cutícula das folhas;
- Diminuição de diferenciação e desenvolvimento do tecido vascular.

2.3.2.2 – Mecanismo Fisiológico

Conforme Bernstein (1961), o mecanismo dominante varia entre espécies e, em alguns casos, entre partes da planta. Para Waisel (1972), as plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar-se ao estresse osmótico. O **ajustamento osmótico** envolve:

- Absorção de íons;
- Acumulação de íons;
- Síntese de solutos orgânicos.

A taxa de absorção é variável de íons para íons e, por isso influencia o balanço iônico na planta. O Cl^- contribui muito mais para o ajustamento osmótico que o SO_4^{2-} , pois a absorção do Cl^- é muito mais rápida do que a de SO_4^{2-} . Quando a salinidade consiste predominantemente de cátions monovalentes e ânions bivalentes, como o Na_2SO_4 , a taxa de absorção de cátions é maior do que a de ânions. Nesta situação, o balanço iônico é alcançado através da síntese e da acumulação de ácidos orgânicos (Maas & Hoffman, 1977).

Talvez o mais importante mecanismo para regular o estresse osmótico seja a absorção seletiva de íons. Plantas tolerantes possuem capacidade de adquirir nutrientes essenciais na solução salina em que a concentração de íons não essenciais (tóxico) é muito maior do que a de íons essenciais. Por exemplo, a concentração de Na^+ em solução de solos salinos é maior do que a de K^+ ; entretanto, a relação de $\text{Na}:\text{K}$ 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).

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

Aquelas plantas que acumulam sais em ajustamento osmótico são chamadas eualofíticas e aquelas que acumulam mais solutos, em comparação aos sais, são chamadas glicolofíticas. Por exemplo, em cenouras, o aumento de concentração de sacarose, sob

condições salinas, é o componente principal de ajustamento osmótico, mas, em beterraba, os sais são o principal componente, em lugar de sacarose (Chapman, 1960).

2.4 – Estudos de Salinidade em Arroz

É muito difícil se definir um nível crítico de salinidade para a cultura do arroz, pois o mesmo depende de vários fatores, tais como: cultivar, estágio de crescimento, tipo de solo, natureza dos sais, condições nutricionais do solo, temperatura, etc.

A salinidade influencia o crescimento da planta de arroz, em grau variável, em todos os estádios de desenvolvimento, desde a germinação até a maturação. As cultivares de arroz variam muito quanto a tolerância à salinidade (Castro & Sábado, 1977; Fageria *et al.*, 1981; Fageria, 1985). Estudos realizados por Scardaci *et al.* (1996) a respeito do efeito da salinidade do solo e da água sobre a cultivar de arroz ‘Califórnia’ concluíram que o estabelecimento e crescimento de plântulas e o rendimento de grãos decresceram significativamente quando os níveis de CEes excederam a $2,00 \text{ dS m}^{-1}$, os referidos autores propuseram este valor como limiar para esta cultivar. No entanto, vários autores (Maas & Hoffman, 1977; Maas, 1984; Doorenbos & Kassam, 1994), a salinidade limiar (condutividade elétrica do extrato de saturação, CEes) para a cultura de arroz é $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 2).

Segundo Hayward & Bernstein (1960) e Doorenbos & Kassam (1984), o arroz pode ser considerado moderadamente tolerante à salinidade, com sensibilidade variando em função das cultivares e do estágio de desenvolvimento da planta. Maas & Hoffman (1977) e Maas (1984) classificaram o arroz como moderadamente sensível. Essa diferença de classificação se justifica pelo fato de as plantas moderadamente sensíveis, segundo o último autor, apresentarem como salinidade limiar valores de CEes entre $1,30$ a $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ e as moderadamente tolerantes, entre $3,00$ a $6,00 \text{ dS m}^{-1}$. Segundo vários autores (Fageria *et al.*, 1981; Maas, 1984; Gheyi & Barros, 1987), o arroz é tolerante à salinidade durante a germinação e muito sensível durante o estágio de plântula (de 2 a 3 folhas). Diversos estudos sobre o efeito da salinidade, aos 30, 60 e 90 dias após o plantio, comprovam que a salinidade é mais prejudicial na fase inicial das plantas. Com o aumento da idade, aumenta a resistência à salinidade e, aos 90 dias, as plantas são afetadas muito pouco, mesmo em concentração de 1,00 % de sais no solo ($\text{CEes} \cong 15,63 \text{ dS m}^{-1}$),

conforme Pearson & Bernstein (1959). De acordo com vários autores (Pearson & Bernstein, 1959; Pearson & Ayers, 1960; IRRI, 1967; Fageria *et al.*, 1981), a resistência aumenta durante a fase vegetativa, voltando a ser sensível na fase de floração e mais tolerante durante a maturação. Em resumo, as plantas de arroz são tolerantes à salinidade nos estádios de germinação, perfilhamento e maturação, enquanto as primeiras quatro semanas e a época de floração são os estádios mais sensíveis. O efeito mais danoso da salinidade é na panícula, porque reduz o comprimento, o número de espiguetas por panícula, a percentagem de grãos cheios, o peso de 1000 grãos e, conseqüentemente, a produção de grãos. Para se conhecer a resposta do arroz à salinidade, é importante examinar esse efeito, separadamente, em vários estádios de seu desenvolvimento (Pearson & Bernstein, 1959; Pearson & Ayers, 1960; IRRI, 1967; Fageria *et al.*, 1981).

De acordo com Shalhevet *et al.* (1995), nas culturas em que ocorre variação dos efeitos da salinidade, em diferentes fases de seu ciclo, a comparação de tolerância deve ser feita no estágio mais sensível. É possível se irrigar tais culturas com água salina, durante o estágio de menor sensibilidade, e usar água com baixa salinidade durante o estágio mais sensível.

Um estudo rigoroso de tolerância de plantas à salinidade deverá considerar não somente as quantidades totais de sais, mas também sua composição, a fase da planta, o tipo de solo, o estado de umidade, etc (Pizarro, 1985).

Segundo Maas (1984), a germinação de arroz diminui a um nível de 50,00 % se a condutividade elétrica do extrato atingir o valor de 18,00 dS m⁻¹. Pearson (1959), cita que em relação ao tratamento testemunha (controle), plantas submetidas ao mais alto nível salino (16,00 dS m⁻¹), tiveram redução de 20,00 % na altura, 55,00 % na matéria seca das folhas, 60,00 % no número total de perfilhos, 70,00 % no número de panículas, 75,00 % no peso seco total, inclusive grãos, e 95,00 % no peso dos grãos trilhados e que a evapotranspiração foi diretamente proporcional à quantidade de matéria seca produzida.

A salinidade pode atrasar a germinação de arroz, sem, entretanto, reduzir marcadamente, a porcentagem de sementes germinadas. Somente altas concentrações de sais (2,00 – 4,00 %) reduzem a germinação significativamente; alta concentração de NaCl (3,00 – 15,00 %) também inibe a germinação, mas quando a semente é transferida para água destilada, germina normalmente (Ota & Yasue, 1958; Akbar & Yabuno, 1974; Akbar, 1975).

A tolerância de arroz à salinidade é influenciada por fatores de solo, clima, cultivar e estágio de crescimento. Com base em estudos experimentais, realizados no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – CNPAF (Fageria & Kluthcouski, 1980; Fageria *et al.*, 1981) e Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz nas Filipinas (IRRI, 1974; 1975), foi possível se chegar às seguintes constatações:

- O solo, como meio de cultura é melhor do que solução nutritiva;
- O transplantio é melhor do que o plantio direto;
- Mudas com 15 a 18 dias de idade são melhores do que mudas mais novas.

No CNPAF, Fageria *et al.* (1981) avaliaram 162 cultivares de arroz, em condições de casa de vegetação, para tolerância à salinidade. As plântulas foram transplantadas, com idade entre 14 e 18 dias após a germinação, para solo submerso tratado com solução de NaCl, (concentração não indicada pelos autores). A avaliação das injúrias causadas pela salinidade foi feita com base na percentagem de folhas mortas, quatro semanas após o transplantio. As cultivares ou linhagens testadas foram agrupadas em tolerantes (11,00 %), moderadamente tolerantes (11,00 %), moderadamente sensíveis (17,00 %) e sensíveis (61,00 %).

Um experimento conduzido em condições de campo, no perímetro irrigado de São Gonçalo, em Sousa – PB, mostrou diferença de tolerância à salinidade entre várias cultivares de arroz, considerando as diferentes produtividades obtidas, que variaram entre 6,1 (cultivar IR 2058-78-1-3-2-3) e 1,6 t ha⁻¹ (cultivar M 1-48). A percentagem de sódio trocável (PST) na área experimental variou na faixa de 65,70 a 89,90 % e a CEes variou entre 3,97 e 6,94 dS m⁻¹, na profundidade de 0-30 cm e entre 2,15 e 3,74 dS m⁻¹ na profundidade de 31-60 cm (Gheyi *et al.*, 1982).

Com relação à toxicidade, os primeiros sintomas em plantas de arroz são observados entre 15 a 20 dias após o transplantio (Fageria *et al.*, 1981), em termos de redução do crescimento e do perfilhamento. Para os autores, a salinidade provoca, também, uma coloração verde-escura nas folhas e áreas necróticas, com secamento que se inicia na ponta e se prolonga pelas margens, acontecendo, em alguns casos, o enrolamento do limbo.

2.5 – Qualidade da Água de Irrigação

A qualidade da água refere-se à sua adaptabilidade para determinado uso, isto é, se suas características físicas, químicas e biológicas são adequadas às necessidades do usuário (Lima, 1998). Sob o ponto de vista da agricultura, entre as características mais importantes que qualificam uma água para uso em irrigação, destacam-se a concentração total de sais solúveis, a concentração relativa de sódio em relação ao cálcio e o magnésio e a presença de elementos traços (Holanda & Amorim, 1997).

Os principais solutos encontrados na água de irrigação são os cátions de sódio, cálcio, magnésio e potássio e os ânions cloreto, sulfato, carbonato e bicarbonato (Richards, 1977; Christiansen *et al.*, 1977; Fageria, 1985; Pratt & Suarez, 1990; Rhoades *et al.*, 1992). Outros constituintes que contribuem para tornar a qualidade da água salina ainda pior, segundo Tanji (1990), incluem B, Sr, Li, SiO₂, Rb, F, Mo, Mn, Ba e Al.

Em Israel, o uso de água com condutividade elétrica variando entre 0,70 e 4,00 dS m⁻¹ tem aumentado a CEes do solo de 0,20 para 2,50 dS m⁻¹, após um período de irrigação (FAO/UNESCO, 1973).

Medeiros (1992) e Audry & Suassuna (1995), estudando a qualidade das águas usadas para irrigação em 95 propriedades localizadas nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, nos anos de 1988 a 1992, verificaram semelhança na composição química, em aproximadamente 78,00 % das águas analisadas, predominando o cloreto e o sódio, com CE variando entre 0,25 e 1,50 dS m⁻¹. Em relação ao cálcio e ao magnésio, as concentrações foram praticamente iguais.

Leprun (1983), trabalhando, em condições do Nordeste, observou que a salinidade da água, em média, varia na seguinte ordem: açudes < rios < cacimbões < poços rasos, havendo, também, grande variação na composição da água de açudes, entre a estação chuvosa e a seca. O autor observou que a composição iônica das diferentes fontes é a seguinte: Na⁺ > Ca⁺⁺ > Mg⁺⁺ > K⁺ e Cl⁻ > HCO₃⁻ > SO₄⁻.

Audry & Suassuna (1995), após estudos sobre as águas disponíveis para a pequena irrigação no Sertão Nordestino, alertaram irrigantes e extensionistas sobre a necessidade de fazer determinações não apenas da quantidade, mas também da qualidade da água, incluindo a variação sazonal de salinidade.

De acordo com Doneen (1975), Medeiros (1992), a água de irrigação apresenta, na maioria das vezes, uma composição química constituída de sais de sódio, cálcio, magnésio e potássio, na forma de cloretos, sulfatos, bicarbonatos e carbonatos, os quais podem apresentar diferentes proporções, dependendo da fonte de água, de sua localização geográfica, da época de coleta, etc. Porém, apesar de diversos fatores influenciarem na quantidade e na composição de sais das águas utilizadas em irrigação, as variações não são muito acentuadas em uma determinada região.

Numa avaliação qualitativa, as águas se dividem em quatro classes de salinidade, à medida que aumenta a concentração de sais e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, recebendo denominações sucessivas de C₁, C₂, C₃ e C₄, com limites apresentados por Richards (1977), pela Universidade da Califórnia (UCCC) e por Ayers & Westcot (1991), conforme apresentado na Tabela 3.

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, para classificação quanto à salinidade, seja utilizada a proposição do UCCC (University of California Committee of Consultants), citada em Frenkel (1984) e Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1977) e tão pouco genérica como a de Ayers & Westcot (1991).

UFCG - BIBLIOTECA

Tabela 3. Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	RICHARDS (1977)	UCCC ¹	Risco de salinidade	AYERS & WESTCOT (1991)	
	Faixas de CE _{ai} (dS m ⁻¹)			Faixas de CE _{ai} (dS m ⁻¹)	Risco de salinidade
C ₁	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,70	Nenhum
C ₂	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,70 – 3,00	Moderado
C ₃	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	>3,00	Severo
C ₄	>2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

Fonte: Ayers & Westcot (1991).

¹ UCCC – University of California Committee of Consultants.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Experimentos e Genótipo Estudado

O trabalho constou de duas etapas, em que foram estudados os efeitos da salinidade da água de irrigação (condutividade elétrica da água de irrigação – CE_{ai}) em arroz. No Experimento I foi estudado o efeito da CE_{ai} sobre a germinação, vigor e produção de mudas de arroz, em casa de vegetação; no Experimento II, conduzido em rizotrons sob proteção de cobertura plástica, foi estudado o efeito da CE_{ai} sobre o crescimento, desenvolvimento e a produção comercial de arroz. Rizotron é um recipiente que permite a visualização da coluna de solo em seu interior, utilizado para acompanhamento e avaliação do crescimento radicular (Figura A₁, em Anexos).

Como planta teste foi utilizada a cultivar 'Formoso' de arroz (*Oryza sativa* L.), recentemente desenvolvida pela EMBRAPA - CNPAF, para cultivo em condições de irrigação e indicada para a região Nordeste; na Tabela A₁, em Anexos, são apresentados dados e informações da cultivar estudada.

3.2 – Localização dos Experimentos

Os dois experimentos foram desenvolvidos durante o período de Outubro/1999 a Abril/2000, em instalações do Departamento de Engenharia Agrícola, vinculado ao Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Campina Grande - PB, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 07° 13' S, longitude 35° 53' W e altitude média 547,56 m.

A região é de clima semi-árido, quente, onde a evaporação, ao longo do ano, é geralmente maior que a precipitação pluviométrica, incidindo as chuvas nos meses de Março a Julho, período em que a precipitação média supera a evaporação média. Para uma análise mais detalhada, na Tabela 4 constam os dados meteorológicos médios do período experimental (Outubro/1999 – Abril/2000), cedidos pelo INMET.

Tabela 4. Dados meteorológicos da estação do INMET (CNPA-EMBRAPA) de Campina Grande compreendendo o período experimental (Outubro/1999 - Abril/2000).

Dados Meteorológicos	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.
T. Média (°C)	23,4	24,5	24,4	24,3	24,7	24,7	23,9
T. Máxima (°C)	29,5	30,9	29,9	29,8	30,2	29,9	28,7
T. Mínima (°C)	19,9	20,9	21,3	21,2	21,4	21,6	20,9
Precipitação Média (mm)	30,3	0,3	21,8	78,4	153,9	63,4	148,7
Evaporação Média (mm)	184,3	¹	175,4	130,5	124,6	128,4	94,9
Umidade Relativa Média (%)	68,0	66,0	71,0	75,0	74,0	75,0	80,0
Insolação Total (h)	255,9	279,5	232,5	242,0	212,9	243,1	202,6

Fonte: INMET (2000)

¹ Não disponível

3.3 – Solo

As características físico-hídricas e químicas do solo utilizado nos experimentos estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado como substrato nos experimentos.

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Valor
Análise físico-hídrica			
Areia	-	g kg ⁻¹	635,0
Silte	-	g kg ⁻¹	198,2
Argila	-	g kg ⁻¹	166,8
Classificação textural	-	-	Franco-arenoso
Densidade global	dg	g cm ⁻³	1,37
Densidade das partículas	dp	g cm ⁻³	2,68
Porosidade	ε	%	48,88
Capacidade de Campo (0,33 atm)	CC	%	6,80
Ponto de Murchamento (15,00 atm)	PM	%	2,73
Complexo sortivo			
Cálcio	Ca ⁺⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,38
Magnésio	Mg ⁺⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,74
Sódio	Na ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,20
Potássio	K ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,06
Hidrogênio	H ⁺	cmol _c kg ⁻¹	2,12
Alumínio	Al ⁺⁺⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,60
Soma das bases	S	cmol _c kg ⁻¹	1,38
Capacidade de troca catiônica	CTC	cmol _c kg ⁻¹	4,10
Saturação de bases	V	%	33,66
Percentagem de sódio trocável	PST	%	4,88
Carbono orgânico	C-Org.	g kg ⁻¹	3,50
Matéria orgânica	M.O.	g kg ⁻¹	6,00
Fósforo assimilável	P	cmol _c kg ⁻¹	0,19
pH em água (1:2,5)	pH	-	4,80
CE da suspensão solo-água (1:2,5)	CEsa	dS m ⁻¹	0,14
Análise química do extrato de saturação			
Cálcio	Ca ⁺⁺	mmol _c L ⁻¹	0,62
Magnésio	Mg ⁺⁺	mmol _c L ⁻¹	3,00
Sódio	Na ⁺	mmol _c L ⁻¹	2,47
Potássio	K ⁺	mmol _c L ⁻¹	0,20
Cloretos	Cl ⁻	mmol _c L ⁻¹	2,25
Carbonatos	CO ₃ ⁻	mmol _c L ⁻¹	0,00
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	mmol _c L ⁻¹	0,50
Sulfato	SO ₄ ⁻	mmol _c L ⁻¹	Ausente
Relação de adsorção de sódio	RAS	(mmol L ⁻¹) ^{1/2}	1,84
CE do extrato de saturação	CEes	dS m ⁻¹	0,50
Umidade de saturação da pasta	Usat	%	18,77
Acidez (pH) da pasta saturada	pHs	-	4,54
Classe de solo	-	-	Normal

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola (CCT/UFPB).

3.4 – Experimento I – Germinação e Vigor

3.4.1 – Procedimento de Instalação

O material de solo foi coletado numa profundidade de 0-30 cm (horizonte A) e tratado com brometo de metila, por 72 horas, para se evitar a ação de fungos e germinação de ervas daninhas. Ao material de solo desinfetado foi adicionado húmus de minhoca, na proporção de 3:1 (3 partes de solo e 1 parte de húmus) à base de peso, para obtenção do substrato de semeadura.

As sementes passaram por uma criteriosa seleção, eliminando-se as defeituosas e as com indícios de fungos, ataques de insetos e danos mecânicos. A semeadura ocorreu no dia 20 de Outubro de 1999, em recipientes plásticos (copos descartáveis) com capacidade de 350 mL, providos de 4 furos na base, contendo 315 g de substrato (236 g de solo e 79 g de húmus), ficando uma borda de 1,0 cm acima da superfície do substrato para evitar perdas da água de irrigação. Previamente à semeadura, foram feitas lavagens do substrato contido nos recipientes, adicionando-se inicialmente 40 mL de água destilada, para completa saturação, obtendo-se valores de condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{ad}) próximos a 8,00 dS m⁻¹. Houve sucessivas lavagens com água destilada até que a condutividade elétrica da água lixiviada atingisse um valor abaixo de 2,00 dS m⁻¹.

3.4.2 – Tratamentos e Irrigação

Utilizou-se 45 recipientes (copos) por nível de salinidade. Em cada recipiente foram semeadas 4 sementes, a uma profundidade de aproximadamente 1 cm. Foram testados 5 níveis de salinidade da água de irrigação: N₁ = 0,50; N₂ = 2,50; N₃ = 4,50; N₄ = 6,50 e N₅ = 8,50 dS m⁻¹, com 5 repetições. Para o teste de germinação, cada repetição foi representada por 1 fileira com 9 recipientes (36 sementes) e para o teste de vigor cada repetição foi constituída da média de 4 plântulas.

As águas de irrigação foram preparadas tomando-se como base a fornecida pelo sistema de abastecimento de Campina Grande, proveniente do açude público Epitácio

Pessoa, de Boqueirão-PB, cujos resultados de análise se encontram na Tabela 6, de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1 entre Na:Ca:Mg, a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O. A escolha destes sais e as proporções usadas basearam-se em resultados obtidos por Leprun (1983) e Medeiros (1992) em fontes de água, localizadas nos Estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte.

Tabela 6. Composição química da água proveniente da CAGEPA, utilizada no preparo das águas de irrigação.

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Valor
Reação da água	pH	-	7,78
Condutividade elétrica	CEa	dS m ⁻¹	1,16
Sódio	Na ⁺	mmol _c L ⁻¹	6,73
Potássio	K ⁺	mmol _c L ⁻¹	0,20
Cálcio	Ca ⁺⁺	mmol _c L ⁻¹	2,43
Magnésio	Mg ⁺⁺	mmol _c L ⁻¹	3,30
Carbonato	CO ₃ ⁻⁻	mmol _c L ⁻¹	0,00
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	mmol _c L ⁻¹	2,26
Cloreto	Cl ⁻	mmol _c L ⁻¹	8,78
Sulfato	SO ₄ ⁻⁻	mmol _c L ⁻¹	0,00
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).

Irigou-se diariamente, aplicando-se, na primeira semana, 10 mL por recipiente com água correspondente ao nível de salinidade desejado. A partir da segunda semana, foram aplicados 12 – 14 – 16 – 18 – 20 mL por recipiente para os respectivos tratamentos, N₁ - N₂ - N₃ - N₄ - N₅. Este procedimento foi adotado para atender as exigências hídricas e obtenção de lavagem do excesso de sais, de modo que obteve-se, em média, as frações de lixiviação, de 0,24 – 0,36 – 0,39 – 0,45 – 0,49 na primeira semana e, de 0,25 – 0,40 – 0,50 – 0,62 – 0,70 na segunda semana, respectivamente, para os tratamentos N₁ - N₂ - N₃ - N₄ - N₅. Irrigava-se duas vezes por dia para manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo.

3.4.3 – Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CE_{ad}) e Evapotranspiração Real (ETR)

A condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{ad}) e a evapotranspiração real (ETR) foram avaliadas nas duas primeiras semanas. Estimou-se a ETR a partir da seguinte equação:

$$ETR = \frac{(VA - VD) * 10^{-3}}{\left(\frac{\pi * D^2}{4}\right)} * FI \quad (\text{eq. 2})$$

onde:

ETR = evapotranspiração real (mm dia⁻¹);

VA = volume aplicado (mL);

VD = volume drenado (mL);

FI = frequência de irrigação (= 2 vezes por dia);

D = diâmetro de exposição (boca) do recipiente (= 0,072 m).

3.4.4 – Teste de Germinação

Para o teste de germinação foram empregados 5 níveis de salinidade da água de irrigação: N₁ = 0,50; N₂ = 2,50; N₃ = 4,50; N₄ = 6,50 e N₅ = 8,50 dS m⁻¹, com 5 repetições, sendo cada repetição representada por 1 fileira com 9 recipientes correspondentes a 36 sementes.

Foram consideradas germinadas, as plântulas que emergiam na superfície dos recipientes, processando-se a contagem diária, anotada em dias após semeadura (DAS). Para avaliação do percentual de germinação, a primeira contagem se deu aos 5 DAS (PG₅) e a segunda, aos 14 DAS (PG₁₄) conforme as regras para análise de sementes (Brasil, 1992).

3.4.5 – Teste de Vigor

Nos testes de vigor foram avaliados o crescimento e o desenvolvimento das plântulas, empregando-se a metodologia descrita por Popinigis (1977), Liberal (1987) e Marcos Filho *et al.* (1987). Foram feitas avaliações em duas épocas distintas (E_1 e E_2), respectivamente aos 8 e 13 DAS (5 e 10 dias após início da germinação), utilizando-se 5 repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída da média de 4 plântulas.

3.4.5.1 – Características Avaliadas

Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi determinado no 4º e 5º dia após a semeadura, a partir da Equação 3, extrapolando-se os valores (obtidos sobre 36 sementes, tal como o percentual de germinação) para obtenção do índice na base padrão de 100 sementes (Vieira & Carvalho, 1994). O IVE estima a velocidade de emergência de plântulas por dia, sendo tanto maior o vigor quanto maior for o valor obtido.

$$IVE = \sum \frac{E_i}{N_i} = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \frac{E_3}{N_3} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (\text{eq. 3})$$

onde:

IVE = índice de velocidade de emergência (plântulas emergidas dia^{-1});

E_i = número de plântulas normais emergidas, computadas no dia "i" após a semeadura;

N_i = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira, ... última contagem.



Fitomassa

Para avaliação da fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), as plântulas foram cortadas rente à superfície do solo e imediatamente pesada a sua parte aérea. As raízes foram devidamente separadas do solo, por meio de lavagens. Logo em seguida, as fitomassas aérea e radicular foram postas para secagem em estufa de circulação forçada de ar quente, à temperatura de 60° C ($\pm 1^\circ$ C) até peso constante, 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. O material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g. Cada repetição foi representada pela média de 4 plântulas.

Relação Raiz Parte Aérea (R/PA)

A relação raiz parte aérea (R/PA) foi obtida pelo quociente entre os pesos de fitomassa seca das respectivas partes, FSR/FSPA.

Taxas de Crescimento Absoluto da Parte Aérea (TCA_{PA}) e das Raízes (TCA_R)

Com os dados obtidos de fitomassa seca foram determinadas a taxa de crescimento absoluto da parte aérea (TCA_{PA}) (Equação 4) e a taxa de crescimento absoluto das raízes (TCA_R) (Equação 5), empregando a metodologia contida em Benincasa (1988).

$$TCA_{PA} = \frac{PS_{13} - PS_8}{(13 - 8)} \quad (\text{eq. 4})$$

onde:

TCA_{PA} = taxa de crescimento absoluto da parte aérea ($\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$);

PS_{13} = peso de matéria seca ou fitomassa seca da parte aérea (FSPA) aos 13 DAS (mg);

PS_8 = peso de matéria seca ou fitomassa seca da parte aérea (FSPA) aos 8 DAS (mg).

$$TCA_R = \frac{PS_{13} - PS_8}{(13 - 8)} \quad (\text{eq. 5})$$

onde:

TCA_R = taxa de crescimento absoluto das raízes ($\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$);

PS_{13} = peso de matéria seca ou fitomassa seca das raízes (FSR) aos 13 DAS (mg);

PS_8 = peso de matéria seca ou fitomassa seca das raízes (FSR) aos 8 DAS (mg).

Taxas de Crescimento Relativo da Parte Aérea (TCR_{PA}) e das Raízes (TCR_R)

Com base nos resultados obtidos das taxas de crescimento absoluto da parte aérea (TCA_{PA}) e das raízes (TCA_R), foram determinadas a taxa de crescimento relativo da parte aérea (TCR_{PA}) e taxa de crescimento relativo das raízes (TCR_R) empregando-se as Equações 6 e 7, conforme metodologia descrita por Medeiros *et al.* (1990).

$$TCR_{PA} = \frac{TC_{PA}}{(PS_{T8})} \quad (\text{eq. 6})$$

onde:

TCR_{PA} = taxa de crescimento relativo da parte aérea ($\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$);

TC_{PA} = taxa de crescimento absoluto da parte aérea ($\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$);

PS_{T8} = peso da matéria seca ou fitomassa seca total (FST) aos 8 DAS (mg).

$$TCR_R = \frac{TC_R}{(PS_{T8})} \quad (\text{eq. 7})$$

onde:

TCR_R = taxa de crescimento relativo do sistema radicular ($\text{mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$);

TC_R = taxa de crescimento absoluto das raízes (mg dia^{-1});

PS_{T8} = peso da matéria seca ou fitomassa seca total aos 8 DAP (mg).

Teor de Água da Parte Aérea (TA)

Com os dados observados (fitomassa fresca e seca da parte aérea), determinou-se o teor de água na parte aérea (TA). O conteúdo de água na parte aérea da planta foi calculado com base no peso seco, por meio da seguinte equação (Ferri, 1985):

$$TA = \frac{Pf - Ps}{Ps} \times 100 \quad (\text{eq. 8})$$

onde:

TA = umidade ou teor de água na parte aérea (%);

Pf = peso da matéria fresca ou fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) em mg;

Ps = peso da matéria seca ou fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em mg.

Altura da Parte Aérea (H) e Comprimento Radicular (LR).

Mediu-se a altura da planta (H), do nível do solo à extremidade da folha mais alta, após todas as folhas serem colocadas na vertical, conforme procedimento recomendado para as gramíneas por Vieira & Carvalho (1994). O comprimento radicular (LR) foi obtido medindo-se o comprimento da maior raiz. As medidas foram obtidas em mm, usando-se escala de precisão de 0,5 mm.

Número de Folhas (NF)

O número de folhas (NF) foi obtido pela contagem direta, considerando-se as que tinham o limbo foliar totalmente aberto.

3.4.6 – Análises Estatísticas

Para análises dos dados de germinação considerou-se um delineamento inteiramente casualizado com 5 níveis de salinidade da água de irrigação e 5 repetições. Para o teste de germinação, cada repetição foi representada por 36 sementes (1 fileira com 9 recipientes). Os testes de vigor, foram realizados em 2 épocas distintas, no 8º e 13º DAS (E_1 e E_2), e as análises estatísticas dos dados obedeceram um arranjo fatorial 5×2 (5 níveis de salinidade \times 2 épocas de avaliação), com 5 repetições (cada repetição constituída da média de 4 plântulas). Para o índice de velocidade de emergência (IVE) e taxas de crescimento absoluto e relativo (TCA e TCR) foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, tal como para o percentual de germinação.

Os dados foram interpretados por meio da análise de variância e regressão. O fator salinidade, por ser quantitativo (níveis crescentes), foi submetido ao estudo de regressão polinomial e, o fator 'época de avaliação' (tratamento qualitativo) por comparação de médias (E_1 e E_2) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Gomes, 1982; Ferreira, 1991; Santos *et al.*, 1998). Para as variáveis (taxas de crescimento), verificou-se ausência de normalidade dos dados e que as variâncias das diferentes amostras (níveis salinos) não foram estatisticamente homogêneas, o que justificou a transformação dos dados em $\sqrt{X+1}$, transformação que melhor se adequou e validou a análise de variância, conforme Ferreira (1991).

3.5 – Experimento II – Desenvolvimento e Produção

3.5.1 – Construção e Preparo dos Rizotrons

Na área experimental, foram construídos 30 rizotrons a partir de tubos de PVC, com diâmetro interno de 30 cm e espessura da parede de 1 cm. Os tubos foram cerrados, transversalmente, a cada 60 cm e depois, longitudinalmente, pelo centro, resultando numa coluna de base semicircular de raio interno igual a 15 cm e altura igual a 60 cm, correspondendo a uma área de exposição igual a $0,035 \text{ m}^2$ e volume igual a 21 dm^3 .

Em cada rizotron, pregou-se na parte inferior um fundo de madeira de 2 cm de espessura, contendo um furo central com $\frac{1}{2}$ " de diâmetro, para instalação de conexões do sistema de drenagem, colando-se, em seguida, uma placa de acrílico com espessura de 4 mm, largura de 32 cm e comprimento de 60 cm, fechando a coluna. Para vedação e maior resistência, a placa foi fixa ao tubo de PVC através de parafusos e cola à base de silicone.

Como parte do sistema de drenagem, no fundo de cada rizotron, foi colocada uma tela de nylon, uma camada de 2,5 cm de espessura de brita zero, vindo em cima uma camada de areia lavada de igual espessura. O sistema de drenagem foi completado com instalação, no fundo central da base, de conexões e registros, interligados por mangueira a um recipiente externo (5 L de capacidade) para coleta da água lixiviada. A Figura A₁, em Anexo, apresenta uma visão geral do rizotron.

Os rizotrons foram posicionados em duas linhas sobre plataforma de concreto, no espaçamento de 1,0 m x 0,5 m. A Figura A₂, em Anexo, apresenta uma visão geral da área experimental.

3.5.2 - Preenchimento dos Rizotrons e Adubações

Em cada rizotron, foram colocados 22,0 kg de material de solo (correspondendo a uma coluna de 46 cm) devidamente destorroado, adubado e corrigida a acidez. Deixou-se 7 cm de borda acima da superfície do solo para contenção da água de irrigação. Fez-se a adubação orgânica adicionando-se húmus de minhoca (vermicomposto) na proporção de 2,5 % na base de peso (21,45 kg de solo e 0,55 kg de húmus); esse material (substrato) foi revolvido até a homogeneização.

O pH apresentado pelo solo foi 4,54, estando abaixo da faixa ótima de pH que está entre 5,7 e 6,2 segundo a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI (1997) ou entre 5,5 e 6,0 segundo Doorenbos & Kassam (1994). Realizou-se a calagem, calculando-se a necessidade de calcário a partir dos vários métodos descritos por Osaki (1991), sendo adotado aquele que resultou em maior quantidade de calcário. Estimou-se a quantidade de carbonato de cálcio necessária e a equivalente quantidade de hidróxido de cálcio (cal hidratada), colocando-se 20 g por rizotron, considerando-se a pureza do produto igual a 80 %.

A adubação corretiva de fertilidade para fósforo e potássio, com base nos resultados da análise química (Tabela 5), foi realizada de acordo com metodologia descrita por Lopes & Guidolin (1989). Para tanto, utilizou-se 5,68 g de superfosfato simples, considerando eficiência de adubação fosfatada de 50 %. Para correção do potássio, foi utilizado o cloreto de potássio, na dosagem de 0,51 g por rizotron. A adubação de manutenção foi procedida conforme metodologia recomendação de Osaki (1991).

A adubação de plantio (corretiva e manutenção à exceção da nitrogenada) e a correção da acidez do solo foram realizadas 3 semanas antes do transplantio por ocasião do preenchimento dos rizotrons; a adubação nitrogenada de plantio foi realizada aos 4 DAT. Os cálculos foram baseados na relação entre o peso do solo contido no rizotron e o peso de 1,0 ha até uma profundidade de 20 cm com densidade global (aparente) de $1,37 \text{ g cm}^{-3}$. Devido à elevada frequência de irrigação, repetiu-se as adubações recomendadas para a época do perfilhamento e emborrachamento. Na Tabela A₂, em Anexo, encontra-se o calendário das adubações efetuadas.

3.5.3 - Transplantio

Antes do transplantio, foram feitas 5 lavagens do material contido nos rizotrons, para baixar a condutividade elétrica. Na primeira lavagem foram aplicados 5,0 L de água do abastecimento de Campina Grande ($\text{CEa} = 1,16 \text{ dS m}^{-1}$) e 1,0 L nas demais, sendo a última lavagem com água destilada. Os valores de condutividade elétrica da água de drenagem (CEad a 25° C), obtidos nas análises, após lavagens, variaram entre 1,90 e $2,10 \text{ dS m}^{-1}$.

O transplantio das mudas (provenientes do Experimento I) foi efetuado no dia 07 de Novembro de 1999, aos 18 DAS, conforme recomendações de Fageria (1984). Em 15 rizotrons, houve transplantio de mudas produzidas com água de irrigação com CE de $0,50 \text{ dS m}^{-1}$, denominadas mudas sem estresse salino - M_0 , enquanto que os outros 15 receberam mudas produzidas com água de irrigação com CE de $8,50 \text{ dS m}^{-1}$, denominadas mudas com estresse salino - M_1 . Em cada rizotron foram transplantadas 8 plantas (contidas em dois recipientes) junto à placa de acrílico. Os rizotrons ficaram ligeiramente inclinados para a frente a fim de melhor se visualizar o crescimento do sistema radicular através do acrílico.

Aos 7 dias após o transplante (DAT), efetuou-se o desbaste, deixando-se duas plantas por rizotron.

3.5.4 – Procedimento Experimental

No Experimento II foram estudados dois fatores, 'N' – cinco níveis de salinidade da água de irrigação ($N_1 = 1,00$; $N_2 = 2,00$; $N_3 = 3,00$; $N_4 = 4,00$ e $N_5 = 5,00$ dS m^{-1}) e 'M' – dois tipos de mudas (M_0 e M_1). O ensaio foi instalado no delineamento estatístico inteiramente casualizado, com dez tratamentos e três repetições, arranjados em esquema fatorial 5x2. A parcela experimental foi constituída de duas plantas contidas num rizotron.

3.5.5 – Irrigação e Drenagem

As águas de irrigação foram preparadas segundo o mesmo procedimento descrito para o Experimento I (sub-item 3.4.2).

O método de irrigação adotado foi inundação intermitente, em que, diariamente, eram adicionados 2000 mL da água correspondente ao tratamento de salinidade, por parcela (rizotron), por volta das 16:00h, formando uma lâmina de aproximadamente 6 cm acima da superfície do solo. No dia seguinte, às 10:00h, abria-se o registro de drenagem, deixando-o aberto até às 16:00h, quando novamente era fechado para uma nova irrigação. A água de drenagem era coletada diariamente, media-se o volume e a condutividade elétrica (CE_{ad}) com auxílio de um condutivímetro portátil, com correção de temperatura para 25° C. A água drenada era previamente calibrada e reutilizada nas sucessivas irrigações. Para calibração usava-se duas soluções-estoques, uma concentrada (CE \cong 10,0 dS m^{-1}) e outra diluída (CE \cong 0,50 dS m^{-1}), obedecendo àquelas proporções e utilizando-se dos respectivos sais (sub-item 3.4.2).

Durante o período de maturação, suspendeu-se as irrigações, fez-se a drenagem final dos rizotrons, 35 dias após o início da floração estando de acordo com Doorenbos & Kassam (1994) e Ferreira (1998).



3.5.6 – Adubações Foliares

A partir de 17 DAT (35 DAS), foi feita adubação foliar, semanalmente, com um produto contendo macro e micronutrientes, sempre ao entardecer, na dose de 0,2 %, usando-se em cada aplicação, 250 a 500 mL (cerca de 8 a 17 mL por rizotron), conforme a fase da planta. Na Tabela A₃, em Anexo, encontra-se a composição mineralógica do adubo foliar.

3.5.7 – Coleta Final das Plantas

Aos 40 dias após o início da floração, foi efetuada a colheita, que ocorreu de forma escalonada, entre 125 e 141 DAT (143 e 159 DAS).

3.5.8 – Variáveis Avaliadas

Altura das Plantas (H) e Número de Perfilhos (NPe)

As avaliações de altura das plantas (H) e do número de perfilhos (NPe) foram realizadas aos 18, 36, 54, 72 e 90 DAT. A altura foi medida do nível do solo até a extremidade da folha mais alta, após todas elas serem colocadas na vertical (Vieira & Carvalho, 1994). As avaliações ocorreram a cada 3 dias, escolhendo-se, dentre elas, as cinco datas listadas acima. Aos 18 DAT já havia iniciado o perfilhamento em todas as parcelas, a data de 72 DAT caracterizou a transição do final de perfilhamento e início do emborrachamento e a última, (90 DAT), o início da emergência das panículas na maioria das parcelas.

Número de Panículas (NPn)

A variável número de panículas (NPn) foi avaliada em 5 épocas diferentes, aos 90, 98, 106, 114 e 122 DAT. Aos 90 DAT, a maioria das parcelas encontravam-se com pelo menos uma panícula e aos 122 DAT todas as panículas já haviam sido emitidas.

Componentes da Panícula

Foi feita uma amostragem de 10 panículas de cada parcela (rizotron), tomadas ao acaso, de cada panícula anotou-se número de ramificações (NRP), número de grãos (espiguetas) cheios por panícula (Gche), número de grãos chochos por panícula (Gcho), comprimento da panícula (LP), densidade da panícula (DP) (número de grãos cheios/comprimento da panícula). Tomou-se a média das 10 panículas como uma repetição. As panículas, após coletadas, foram colocadas em estufa a 60° C (± 1° C), até peso constante, para obtenção da fitomassa seca da panícula (FP).

Peso de 100 Grãos (P₁₀₀)

Das panículas remanescentes de cada parcela, foram coletadas 3 amostras de 100 grãos (constituindo uma repetição), para obtenção do peso de 100 grãos (P₁₀₀). As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas para não perder umidade. Uma vez obtidos os pesos observados (P_o) das amostras, as sementes foram postas para secagem em estufa a 60° C (± 1° C), pelo tempo necessário para perderem a umidade, a fim de se obter o peso da matéria seca constante (P_s) e, conseqüentemente, o peso corrigido (P_c) para umidade padrão (U_p = 13 %), utilizando-se das Equações 9 e 10 contidas em Medeiros (1995) e Gomes (1998).

$$U = \frac{P_o - P_s}{P_s} \times 100 \quad (\text{eq. 9})$$

$$P_c = \frac{P_o(100 - U)}{100 - U_p} \quad (\text{eq. 10})$$

onde:

U = umidade observada na amostra (%);

P_o = peso observado de 100 grãos (g);

P_s = peso seco de 100 grãos em estufa a 60° C (g);

P_c = peso de 100 grãos corrigido (g);

U_p = umidade padrão (13 %).

As demais panículas foram, também, secas à estufa, determinando-se o peso da matéria seca total, o peso das ramificações após debulha e, por diferença, o peso dos grãos, que também foi posteriormente corrigido para umidade padrão (U_p) que é de 13 %.

Rendimento de Grãos (RG)

O rendimento de grãos (RG) foi avaliado somando-se o peso total dos grãos de todas as panículas, tendo sido corrigido para a umidade padrão $Up = 13 \%$.

Fitomassa da Palha (FPL)

Após a colheita, a palha (colmo + folhas) foi coletada e seca em estufa a $60^\circ \text{C} (\pm 1^\circ \text{C})$, até peso constante, para se obter a fitomassa seca da palha.

Fitomassa de Raízes (FSR)

As raízes foram separadas do solo por lavagem sobre peneira de arame e tela de nylon com malha de 2,0 mm. Em seguida o material foi secado em estufa à $60^\circ \text{C} (\pm 1^\circ \text{C})$.

Fitomassa Seca Total da Parte Aérea (FSPA)

A fitomassa seca total da parte aérea foi obtida somando-se a fitomassa da palha e o peso dos grãos juntamente com as panículas.

Evapotranspiração Real (ETR)

A *ETR* foi calculada a partir do balanço hídrico apresentado em ILRI (1989):

Entradas = Saídas

$$P + I + Ac = Es + ETR + D + \Delta_w$$

Onde:

P = precipitação;

I = irrigação;

Ac = ascensão capilar;

Es = escoamento superficial;

ETR = evapotranspiração real;

D = drenagem;

Δ_w = variação no conteúdo de umidade do solo.

Considerando ter sido o experimento conduzido em casa de vegetação, os parâmetros *P*, *Ac*, *Es* e Δ_w assumem valores nulos. Então,

$$I = ETR + D$$

$$ETR = I - D \quad (\text{eq. 11})$$

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

$$ETR = \frac{(VA - VD)}{S} \quad (\text{eq. 12})$$

onde:

ETR = evapotranspiração Real (mm);

VA = volume aplicado (L);

VD = volume drenado (L);

S = área de exposição do rizotron (0,035 m²).

Avaliou-se a *ETR* acumulada nos seguintes períodos: 0-18 DAT, 0-36 DAT, 0-54 DAT, 0-72 DAT, 0-90 DAT, 0-108 DAT e a total (transplântio-colheita). Estudou-se também a *ETR* diária dentro de cada período acima relacionado, porém, as análises estatísticas foram baseadas nos valores acumulados.

Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (*CE_{ad}*)

Foi feito o monitoramento diário da condutividade elétrica da água de drenagem (*CE_{ad}*), sendo estudada através da média ponderada dos dados obtidos nos seguintes períodos: 0-18 DAT, 19-36 DAT, 37-54 DAT, 55-72 DAT, 73-90 DAT, 91-108 DAT e 109 DAT- colheita.

Crescimento do Sistema Radicular

As raízes primárias (principais) foram desenhadas a cada três dias em película plástica presa à superfície do acrílico, utilizando-se de canetas para desenho em transparência de retroprojektor, diferenciando-se as datas através de cores e tipos de tracejados (Figura A₃, em Anexo). Para fins de avaliação, optou-se por duas datas, 18 DAT e 54 DAT (fase de perfilhamento). A partir dos desenhos, avaliou-se a as seguintes variáveis:

a) Superfície de Raízes Primárias (*S*) – A superfície das raízes primárias (cm²) foi obtida empregando-se um instrumento eletrônico medidor de área. Foram feitas três leituras de cada parcela (desenho) e tomou-se a média como uma repetição.

b) Taxa de Crescimento Absoluto das Raízes (TC) - A taxa de crescimento ($\text{cm}^2 \text{ dia}^{-1}$) foi determinada pela variação da superfície obtida entre 18 e 54 DAT, dividindo-a por 36 dias, período compreendido entre as respectivas mensurações.

c) Profundidade das Raízes (P) - A profundidade das raízes (mm) foi determinada com auxílio de escala milimetrada tomando-se como referencial a superfície do solo no interior do rizotron. Media-se a raiz mais profunda de cada planta do rizotron; cada repetição foi representada pela média da profundidade das duas raízes primárias (principais).

d) Velocidade Média de Crescimento das Raízes (V_m) - A velocidade média de crescimento (mm dia^{-1}) foi determinada pela diferença das profundidades obtidas aos 18 e 54 DAT dividindo-a por 36 dias, período compreendido entre as respectivas mensurações.

Salinidade Final do Solo

Previamente à coleta das raízes dos rizotrons, foi retirada uma amostra de solo na profundidade média (20 - 30 cm) para análise química em laboratório. As amostras de solo (cerca de $\frac{1}{2}$ kg) foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm e analisadas em laboratório para determinação dos seguintes parâmetros: pHs (pH da pasta saturada), CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação), os cátions e ânions no extrato, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) de acordo com a metodologia de Richards (1977). Os valores da RAS e da PST foram estimados pelas Equações 13 e 14.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (\text{eq. 13})$$

$$PST = \frac{100(-0,0126 + 0,01475 * RAS)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 * RAS)} \quad (\text{eq. 14})$$

onde:

RAS = relação de adsorção de sódio (mmol L^{-1})^{1/2};

Na , Ca , Mg = concentrações de sódio, cálcio e magnésio (mmol. L^{-1});

PST = percentagem de sódio trocável (%).

3.5.9 - Análises Estatísticas

Da mesma forma como no Experimento I, os dados foram interpretados por meio da análise da variância e regressão. Os contrastes entre médias relacionadas aos tipos de mudas, 'M₀' e 'M₁' (tratamentos qualitativos), foram avaliados pelo teste de Tukey. Por se tratar de tratamentos quantitativos, o efeito da salinidade foi estudado por meio de regressões polinomiais (Gomes, 1982; Ferreira, 1991; Santos *et al.*, 1998).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Experimento I - Germinação e Vigor

4.1.1 – Percentual de Germinação (PG)

Pela análise de variância (Tabela 7), observa-se efeito significativo a 1 % de probabilidade (efeito quadrático) sobre o percentual de germinação do arroz aos 5 e 14 DAS. A cultivar germinou bem em todos os níveis de salinidade, no entanto, observa-se que os níveis mais altos de salinidade afetaram mais o vigor de germinação até o 5º dia, recuperando-se na segunda avaliação realizada 14 dias após a semeadura. No nível N₅, a germinação no 5º DAS foi reduzida de 14,54 e 16,57 % em relação aos níveis N₁ e N₂, respectivamente, enquanto que aos 14 DAS a germinação foi alta, acima de 87,00 % em todos os níveis salinos, tendo ocorrido, portanto, recuperação de vigor de germinação de uma época de avaliação para a outra. A redução no potencial osmótico (Ψ_o) da solução do solo, provocada pela salinidade da água, notadamente em N₅, afetou o processo de embebição das sementes de arroz e que esse efeito foi mais marcante no 5º dia, atrasando a germinação. Segundo Uhvits (1946), 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, comprometendo a germinação. Bari *et al.* (1973) observaram que a germinação de sementes de arroz foi prejudicada por redução na absorção de água quando postas para germinar em meio salino e comentaram que as diferenças genéticas podem explicar a variação de comportamento de cultivares sob condições de salinidade. Estes pesquisadores, mostraram também que o

efeito do sal foi essencialmente osmótico, uma vez que as sementes em solução contendo 1,50 % (CEai = 23,45 dS m⁻¹) de uma mistura de Na₂SO₄, NaCl, CaCl₂, MgSO₄ e NaHCO₃, na proporção 8:6:2:2:1, foram capazes de germinar quando transferidas para água destilada. Caso as sementes não germinassem, o efeito seria tóxico.

Tabela 7. Resumo da análise de variância e médias para percentual de germinação aos 5 (PG₅) e aos 14 dias após semeadura (DAS) (PG₁₄).

FV	GL	Quadrados Médios	
		PG ₅	PG ₁₄
N. salino (N)	4	193,495**	49,838**
Reg. Linear	1	501,368**	157,958**
Reg. Quadr.	1	264,578**	35,757*
Desv. Reg.	2	4,922 ^{NS}	2,819 ^{NS}
Resíduo	20	21,755	7,554
CV (%)	-	5,241	2,970
Nível salino (N)		Médias	
	%.....	
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)		91,666	94,998
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)		93,888	94,444
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)		92,222	93,890
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)		88,886	92,222
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)		78,334	87,222

(**) Efeito significativo a 1 % e (*) a 5 % de probabilidade; (^{NS}) Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Tomando-se como base o modelo matemático obtido no 5º dia (Figura 1), verifica-se ter ocorrido incremento do percentual de germinação até o ponto máximo da curva (CEai = 2,87 dS m⁻¹) e a partir desta salinidade começou a decrescer o número de sementes germinadas, de modo que em 5,24 dS m⁻¹, o efeito foi equivalente ao obtido com 0,50 dS m⁻¹ (91,44 % de germinação). Então, só a partir de 5,24 dS m⁻¹ (ponto crítico) é que houve decréscimo relativo da germinação comparado a N₁. No 14º dia (Figura 1), também houve incremento da germinação nos níveis menores, embora em nível menor com ponto de máxima CEai de 2,01 dS m⁻¹, decrescendo em seguida, sendo considerado como ponto crítico o valor de CEai igual a 3,52 dS m⁻¹, em que se obtém o mesmo efeito de 0,50 dS m⁻¹ (PG = 94,68 %). Logo, só a partir de 3,52 dS m⁻¹ é que a germinação foi afetada em relação a N₁, no 14º DAS. Segundo Maas (1984), a germinação de arroz diminui a um nível de 50,00 % se a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) atingir o valor de 18,00 dS m⁻¹. Bhumbla *et al.* (1968) constataram que sementes de arroz postas para germinar em solução salina de condutividade elétrica igual a 8,00 dS m⁻¹, após 10 dias, apresentaram decréscimo na germinação superior a 50,00 %, no entanto, em

contagem feita após vinte dias, a queda na germinação em 50,00 % só foi observada sob CEai de 12,00 dS m⁻¹, o que demonstrou ser o arroz suficientemente tolerante à salinidade. Narale *et al.* (1969) trabalhando com arroz em meio salino, concluíram que a germinação pode ser função dos efeitos osmóticos e encontraram 15,80 dS m⁻¹ como valor crítico para a germinação (50,00 % de redução) para cultivar Dular. Vale salientar que, no presente estudo, após o 14º dia, não ocorreu germinação de sementes.

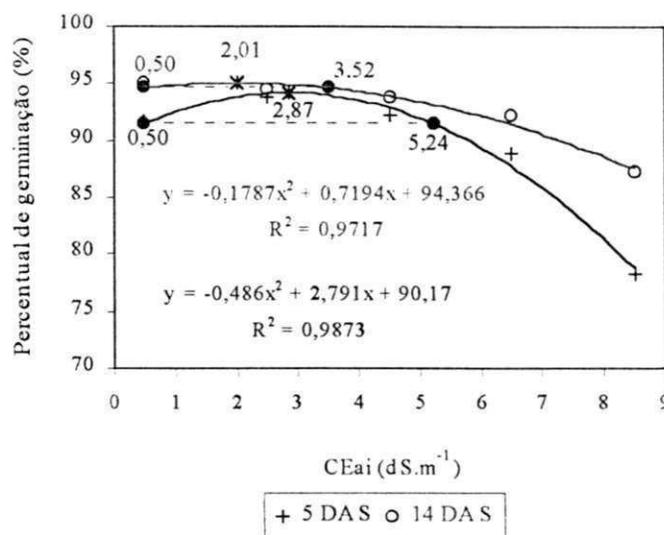


Figura 1 - Percentual de germinação do arroz (PG) aos 5 e 14 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Com base nos resultados na Figura 1, infere-se que até a CEai igual a 5,24 dS m⁻¹ e 3,52 dS m⁻¹, não foi afetada a absorção de água pelas sementes de arroz aos 5 e 14 dias após a semeadura, respectivamente. Pelos coeficientes de determinação, nota-se haver um alto grau de associação entre as variáveis, indicando que mais de 97,00 % da germinação são explicados pelo aumento da salinidade da água de irrigação.

Apesar do efeito significativo da salinidade sobre o percentual de germinação (Tabela 7), verifica-se que no nível salino mais elevado (CEai = 8,50 dS m⁻¹), a percentagem de germinação, relativa a N₁, foi de 91,81 %, sendo baixo o decréscimo de 8,19 %, podendo a cultivar 'Formoso' de arroz ser considerada tolerante à salinidade na fase de germinação. Campos (1986) observou que algumas cultivares de arroz apresentaram sensibilidades diferentes, a partir de potencial osmótico igual ou inferior a

0,40 MPa ($CE_{ai} \cong 11,12 \text{ dS m}^{-1}$). Vários autores, citam ser o arroz tolerante à salinidade durante a germinação e sensível no estágio de plântula quando encontra-se com 2 a 3 folhas (Pearson & Bernstein, 1959; Pearson *et al.*, 1966; IRRI, 1967; Fageria, 1984; Gheyi & Barros, 1987).

De acordo com Akbar (1975) e Fageria (1984), a salinidade reduz, de forma não marcante, a germinação do arroz, pois somente alta concentração de sais (2 - 4 %) reduz a germinação significativamente.

4.1.2 – Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CE_{ad}) e Evapotranspiração Real (ETR)

Após a semeadura, foi feito controle diário da CE_{ad} , obtendo-se os dados apresentados na Tabela 8. Observa-se aumento da CE_{ad} com o aumento da salinidade da água de irrigação; na segunda semana, a condutividade elétrica (média ponderada) do efluente drenado foi maior que na primeira semana, em todos os níveis salinos, com uma variação temporal de 34,00, 48,57, 68,44, 78,30 e 72,41 %, respectivamente para os níveis salinos N_1 , N_2 , N_3 , N_4 e N_5 . Apesar do aumento do volume aplicado de água (salinizada), a partir da segunda semana, de acordo os tratamentos, com o objetivo de lixiviar o excesso de sais e permitir um melhor crescimento das plântulas, percebe-se pelos valores de coeficientes angulares das equações matemáticas (Figura 2), uma variação de 0,52 e 1,01 dS m^{-1} , na CE_{ad} por incremento unitário de CE_{ai} , na primeira e segunda semana, respectivamente. O fator de concentração de sais na água de drenagem – FC (relação CE_{ad}/CE_{ai}) diminuiu com o incremento de salinidade da água, aumentou da primeira para a segunda semana e teve uma relação inversa com a fração de lixiviação – FL (Figura 2). Nota-se que tanto a FL como o FC aumentaram da primeira para a segunda semana. A elevação da concentração de sais na água de drenagem da primeira para a segunda semana pode ser explicada pela maior taxa de evapotranspiração real (ETR) após o sétimo dia, enquanto que o acréscimo da fração de lixiviação (FL) é explicado pelo maior volume aplicado (VA), uma vez que o consumo de água pelas plântulas, como já foi relatado, aumentou com o tempo, fato que reduziria o volume drenado e conseqüentemente a FL. O FC é proporcional a CE_{ad} , razão pela qual, na segunda semana, ter ocorrido maior concentração de sais na água de drenagem.

Tabela 8. Volume de água aplicado (VA) e drenado (VD) por recipiente, condutividade elétrica média ponderada (CE_{ad}) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e evapotranspiração real (ETR) na primeira e segunda semana após semeadura.

Níveis salinos	Primeira semana					
	VA (mL)	VD (mL)	CE _{ad} (dS m ⁻¹)	FC	FL	ETR (mm dia ⁻¹)
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)	10	2,40	1,50	3,00	0,24	3,74
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)	10	3,60	3,50	1,40	0,36	3,14
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)	10	3,90	4,50	1,00	0,39	3,00
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)	10	4,50	5,30	0,82	0,45	2,70
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)	10	4,90	5,80	0,68	0,49	2,51
Níveis salinos	Segunda semana					
	VA (mL)	VD (mL)	CE _{ad} (dS m ⁻¹)	FC	FL	ETR (mm dia ⁻¹)
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)	12	3,00	2,01	4,02	0,25	4,42
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)	14	5,60	5,20	2,08	0,40	4,13
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)	16	8,00	7,58	1,68	0,50	3,93
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)	18	11,16	9,45	1,45	0,62	3,36
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)	20	14,00	10,00	1,18	0,70	2,95

FC = CE_{ad}/CE_{ai}

FL = VD/VA

$$ETR = \frac{(VA - VD) * 10^{-3}}{\left(\frac{\pi * D^2}{4}\right)} * FI$$

FI = frequência de irrigação (2 vezes dia⁻¹)

D = diâmetro de exposição (boca) do copo (=0,072 m).

No presente trabalho, o efeito osmótico pode ser facilmente constatado ao se observar a redução da ETR (consumo de água pelo sistema solo-planta) ocorrida com o aumento da salinidade (Figura 2). Embora aplicando-se maiores volumes na segunda semana, a evapotranspiração foi sigualmente afetada, de modo que, baseando-se nas médias apresentadas na Tabela 8, verifica-se decréscimo relativo entre N₁ e N₅ de 32,89 e 33,26 % na primeira e segunda semana, respectivamente. Estes resultados comprovam que o estresse salino, induz uma seca fisiológica (estresse hídrico), devido à redução do potencial osmótico da solução do solo. As plântulas submetidas aos tratamentos com 6,50 e 8,50 dS m⁻¹, notadamente a partir da segunda semana, apresentavam-se com necrose no ápice da folha, afetando a taxa de ETR.

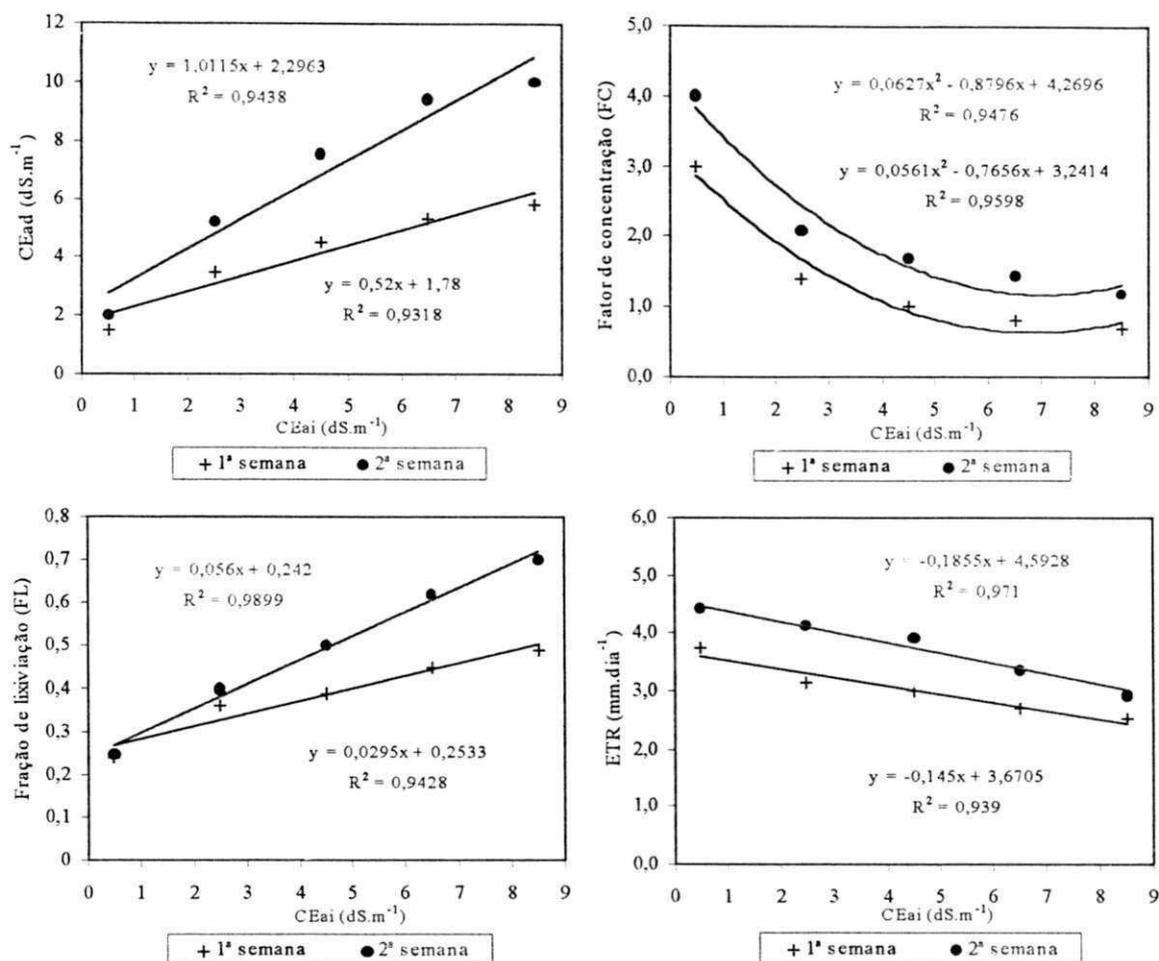


Figura 2 - Condutividade elétrica (CEad) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e evapotranspiração real (ETR) na primeira e segunda semana após sementeira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

De acordo com Doorenbos & Kassam (1994), há uma relação direta entre evapotranspiração e rendimento das culturas; a evapotranspiração real é igual a máxima, e da mesma forma a produção, quando o suprimento de água é plenamente satisfeito (desde que as outras condições de cultivo estejam atendidas); ao contrário, quando o suprimento é insuficiente, ocorre queda de rendimento.

4.1.3 – Vigor

4.1.3.1 - Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

O resumo da análise da variância e médias relacionadas ao IVE está contido na Tabela 9, onde se observa que a velocidade de emergência das plântulas foi afetada significativamente (1 % de probabilidade) pelos níveis salinos (N), tanto no 4º como no 5º DAS.

Tabela 9. Resumo da análise de variância e médias para índice de velocidade de emergência (IVE) no 4º (IVE₄) e no 5º dia após semeadura (DAS) (IVE₅).

FV	GL	Quadrados Médios	
		IVE ₄	IVE ₅
N. salino (N)	4	90,629**	40,062**
Reg. Linear	1	189,151**	74,909**
Reg. Quadr.	1	95,472**	18,514**
Reg. Cúbica	1	38,946**	50,692**
Desv. Reg.	1	17,405 ^{NS}	16,131 ^{NS}
Resíduo	20	1,451	1,348
CV (%)	-	7,915	22,712
Nível salino (N)	Médias		
	.....plântulas dia ⁻¹		
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)		16,600	3,880
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)		17,850	3,760
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)		20,000	1,800
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)		11,600	8,480
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)		10,000	7,640

(**) Efeito significativo a 1 % de probabilidade; (^{NS}) Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

A emergência teve início no 3º dia nos dois níveis iniciais (0,50 e 2,50 dS m⁻¹) e no 4º dia nos demais níveis. A grande maioria das plântulas emergiram aos 4 e 5 DAS, razão por que optou-se por tais datas para análise da velocidade de emergência. Pelo IVE, quanto maior o valor obtido, subentende-se maior velocidade de germinação e maior vigor, pois o índice calculado estima o número de plântulas normais emergidas por dia (Nakagawa, 1994). No 4º dia, por exemplo, com base nas médias, verifica-se maior e menor velocidade nos níveis N₃ (IVE = 20,00 plântulas dia⁻¹) e N₅ (IVE = 10,00 plântulas dia⁻¹), significando que no 4º dia, emergiram 80 plântulas (= 4x20,00) em N₃, e 40 plântulas (= 4x10,00) em N₅; isto é, 40 a 80 % das sementes germinaram e emergiram no 4º dia após semeadura. Os dados ajustaram-se melhor ao modelo cúbico, significativo ao

nível de 1 % de probabilidade em ambas datas. Conforme o modelo matemático obtido, no 4º dia, apresentado na Figura 3, houve incremento da velocidade de emergência nos níveis iniciais de salinidade da água de irrigação, obtendo-se o máximo IVE (19,52 plântulas dia⁻¹) na CEai de 2,57 dS m⁻¹, a partir deste nível a velocidade de emergência começa a diminuir de modo que para uma CEai de 5,20 dS m⁻¹, obtém-se uma predição (y) correspondente à obtida com CEai de 0,50 dS m⁻¹ (y = 16,18 plântulas dia⁻¹), isto é, o nível de 5,20 dS m⁻¹ pode ser considerado o ponto crítico aos 4 DAS. Observa-se assim, que só a partir de CEai superiores ao ponto crítico, é que ocorre decréscimo relativo da velocidade de emergência, comparada a N₁. A velocidade de emergência aos 4 DAS foi sempre maior e divergente em relação aos 5 DAS; o menor IVE no 5º DAS foi devido ao grande número de plântulas emergidas no 4º DAS, sendo limitado o número de plântulas para emergir na segunda data (5 DAS); vale salientar que o percentual de germinação no 5º DAS (Tabela 7) foi superior a 78,00 % sob todos os níveis salinos, logo a maioria das sementes não germinadas até os 4 DAS, teve maiores chances de germinar e emergir no 5º dia.

A sensibilidade da cultivar à velocidade de emergência das plântulas foi verificada a partir de CEai superiores a 5,20 dS m⁻¹ no 4º dia após semeio, denotando desta forma, que o aumento da salinidade reduz o IVE, pois o sal ao reduzir o potencial osmótico do meio, retarda o tempo de embebição das sementes e conseqüentemente a emergência das plântulas (Uhvits, 1946; Prisco *et al.*, 1975).

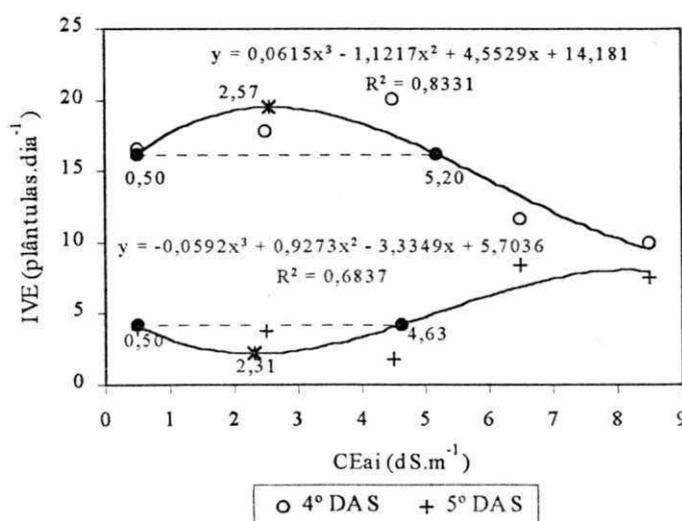


Figura 3 - Índice de velocidade de emergência (IVE) no 4º e 5º dia após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Verifica-se com base na equação do 4º dia, que entre os pontos de máximo ($2,57 \text{ dS m}^{-1}:19,52 \text{ plântulas dia}^{-1}$) e de mínimo ($9,60 \text{ dS m}^{-1}:8,92 \text{ plântulas dia}^{-1}$), decréscimo de 54,30 %. No 5º dia o IVE decresce desde 0,50 até $2,31 \text{ dS m}^{-1}$, depois é crescente, passando por $4,63 \text{ dS m}^{-1}$, cujo o IVE corresponde ao nível de $0,50 \text{ dS m}^{-1}$; A maior velocidade de emergência nos níveis maiores que $2,31 \text{ dS m}^{-1}$, aos 5 DAS, foi possivelmente devido ao retardamento no tempo de embebição das sementes no 4º dia, de modo que houve maior IVE no dia seguinte para esses níveis de salinidade.

Vários autores têm constatado redução da velocidade de emergência, devido à diminuição do Ψ_o , quer por meio de tratamentos de salinidade, como nos casos de coentro, estudado por Filgueira (1993) e de alface por Viana (2000), quer de simulação de estresse, induzido por agentes osmóticos, como nos casos de feijão (Magalhães & Carelli, 1972), de forrageiras (Sharma, 1976), de arroz (Campos, 1986) e, de algodoeiro (Pereira, 1997). Segundo Ayers & Westcot (1991), de modo geral, a salinidade do solo, acima de $4,00 \text{ dS m}^{-1}$, inibe e retarda a germinação de sementes e o crescimento inicial das plantas. O atraso na germinação pode, conseqüentemente, retardar a emergência, permitindo a formação de crostas e problemas de doenças, o que posteriormente poderá reduzir a densidade de plantas (“stand”).

4.1.3.2 - Fitomassa

Os resultados desta avaliação estão apresentados na Tabela 10. Foi interativo o efeito dos fatores ‘N’ (níveis de salinidade) e ‘E’ (épocas de avaliação de vigor), significando que em todas as variáveis de fitomassa, o efeito da salinidade variou entre as duas épocas de avaliação.

Fazendo-se o desdobramento da interação Nx E, foram obtidos os dados resumidos na Tabela 11. Por envolver níveis quantitativos de ‘N’, o desdobramento de ‘N’ em E₁ (8 DAS) e ‘N’ em E₂ (13 DAS) foram analisados através de regressão polinomial, enquanto que para o fator ‘E’, em cada nível salino, a análise se deu pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os modelos matemáticos com as respectivas representações gráficas para as variáveis envolvendo fitomassa estão apresentadas na Figura 4.

Fitomassa Fresca da Parte Aérea (FFPA)

Em relação a fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), nota-se que o fator nível salino (N) foi significativo a 1 % dentro das duas épocas (N em E₁ e N em E₂); o efeito foi linear com regressão negativa, ocorrendo reduções (relativos a N₁) de 20,48, 37,13, 54,08 e 72,90 % aos 8 DAS e, 16,25, 33,76, 66,83 e 83,37 % aos 13 DAS, respectivamente nos níveis N₂, N₃, N₄ e N₅ (Tabela 11). Observa-se com base nos decréscimos que, nos níveis N₂ e N₃, as plântulas apresentaram uma pequena recuperação em E₂, enquanto nos níveis mais altos (N₄ e N₅) as reduções foram crescentes de 8 para 13 DAS.

Quanto ao fator 'época' que foi também significativo, verifica-se porém, (Tabela 11) que dentro de N₅ (E em N₅) não houve diferença significativa entre as médias da FFPA (Tukey a 5 % de probabilidade), embora a média de E₂ tenha superado a de E₁ em 67,58 %. Na Figura 4, estão apresentadas as curvas e modelos matemáticos para as duas épocas de avaliação. Com relação à FFPA, observa-se que, aos 13 DAS, a salinidade da água de irrigação afetou severamente a matéria verde, a ponto de não ocorrer diferença significativa das médias de 'épocas' dentro de N₅, como já foi relatado. Segundo os coeficientes angulares, no caso da fitomassa fresca da parte aérea, para cada acréscimo unitário da CEai, houve decréscimo de 2,90 mg, aos 8 dias após semeadura, subindo para 9,59 aos 13 DAS, denotando a grande queda na produção de matéria, principalmente nos níveis de salinidade mais altos.

Tabela 10. Resumo da análise de variância e médias para fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea, fitomassa seca de raízes (FSR) e fitomassa seca total (FST) por plântula.

FV	GL	Quadrados Médios			
		FFPA	FSPA	FSR	FST
N. salino (N)	4	3934,7893**	75,6403**	26,4077**	190,8592**
Reg. Linear	1	(Desdobr.	(Desdobr.	(Desdobr.	(Desdobr.
Reg. Quadr.	1	Tabela 11)	Tabela 11)	Tabela 11)	Tabela 11)
Desv. Reg.	2				
Época (E)	1	13229,1378**	616,0050**	131,5422**	1320,9800**
Inter. (Nx E)	4	1163,1353**	30,1815**	14,8987**	86,2890**
Resíduo	40	55,1377	1,8491	0,6318	4,4109
CV(%)	-	20,2583	19,9211	15,7647	17,6964
Nível salino (N)		Médias			
		.....mg.....			
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)		60,2900	9,1700	6,9100	16,6000
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)		49,8100	8,7500	6,3500	15,1300
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)		39,3900	7,7000	5,1000	12,7700
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)		22,0600	4,9500	3,6800	8,6300
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)		11,7200	3,0600	3,1700	6,2100
Época (E)					
E ₁ (8 DAS)		20,3880 b	3,3160 b	3,4200 b	6,7280 b
E ₂ (13 DAS)		52,9200 a	10,3360 a	6,6640 a	17,0080 a
DMS		4,2474	0,7778	0,4547	1,2013

(**) Efeito significativo a 1% de probabilidade.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probab. pelo teste de Tukey.

Com base nos resultados, verifica-se que a cultivar 'Formoso' diante da crescente salinidade, perdeu tolerância entre 8 e 13 DAS, o que justifica a sensibilidade na fase de plântula. Vários autores citam ser o arroz tolerante à germinação, mas perde tolerância logo em seguida, tornando-se sensível à salinidade durante o estágio de plântula (Pearson & Bernstein, 1959; Pearson & Ayers, 1960; IRRI, 1967; Fageria, 1984; Gheyi & Barros, 1987).

Tabela 11. Desdobramento das interações significativas e médias para fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea, fitomassa seca de raízes (FSR) e fitomassa seca total (FST) por plântula.

FV	Quadrados Médios			
	FFPA	FSPA	FSR	FST
N em E₁				
R. Linear	1680,840**	20,995**	3,591**	42,504**
R. Quadr.	0,343 ^{NS}	0,302 ^{NS}	0,021 ^{NS}	0,464 ^{NS}
D. Reagr.	0,872 ^{NS}	0,078 ^{NS}	0,032 ^{NS}	0,189 ^{NS}
Resíduo	24,985	0,604	0,160	1,275
CV	24,517	23,437	11,703	16,785
Médias				
.....mg.....				
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)	32,320	4,540	3,960	8,500
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)	25,700	3,900	3,620	7,540
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)	20,320	3,480	3,480	6,920
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)	14,840	2,820	3,220	6,040
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)	8,760	1,840	2,820	4,640
N em E₂				
R. Linear	18393,620**	379,777**	155,232**	1027,856**
R. Quadr.	72,421 ^{NS}	14,446*	0,004 ^{NS}	13,817 ^{NS}
D. Reagr.	121,366 ^{NS}	3,805 ^{NS}	3,157 ^{NS}	11,786 ^{NS}
Resíduo	85,290	3,094	1,103	7,547
CV	17,451	17,019	15,763	16,1519
Médias				
.....mg.....				
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)	88,260	13,800	9,860	24,700
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)	73,920	13,600	9,080	22,720
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)	58,460	11,920	6,720	18,620
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)	29,280	7,080	4,140	11,220
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)	14,680	4,280	3,520	7,780
E em N1				
E ₁	32,320 b	4,540 b	3,960 b	8,500 b
E ₂	88,260 a	14,800 a	9,860 a	24,700 a
E em N2				
E ₁	25,700 b	3,900 b	3,620 b	7,540 b
E ₂	73,920 a	13,600 a	9,080 a	22,720 a
E em N3				
E ₁	20,320 b	3,480 b	3,480 b	6,920 b
E ₂	58,460 a	11,920 a	6,720 a	18,620 a
E em N4				
E ₁	14,840 b	2,820 b	3,220 a	6,040 b
E ₂	29,280 a	7,080 a	4,140 a	11,220 a
E em N5				
E ₁	8,760 a	1,840 b	2,820 a	4,640 b
E ₂	14,680 a	4,280 a	3,520 a	7,780 a
DMS	9,4974	1,7392	1,0166	2,6862

(**) Efeito significativo a 1 % e (*) a 5 % de probabilidade; (^{NS}) Efeito não significativo ao nível de 5% de probabilidade
Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

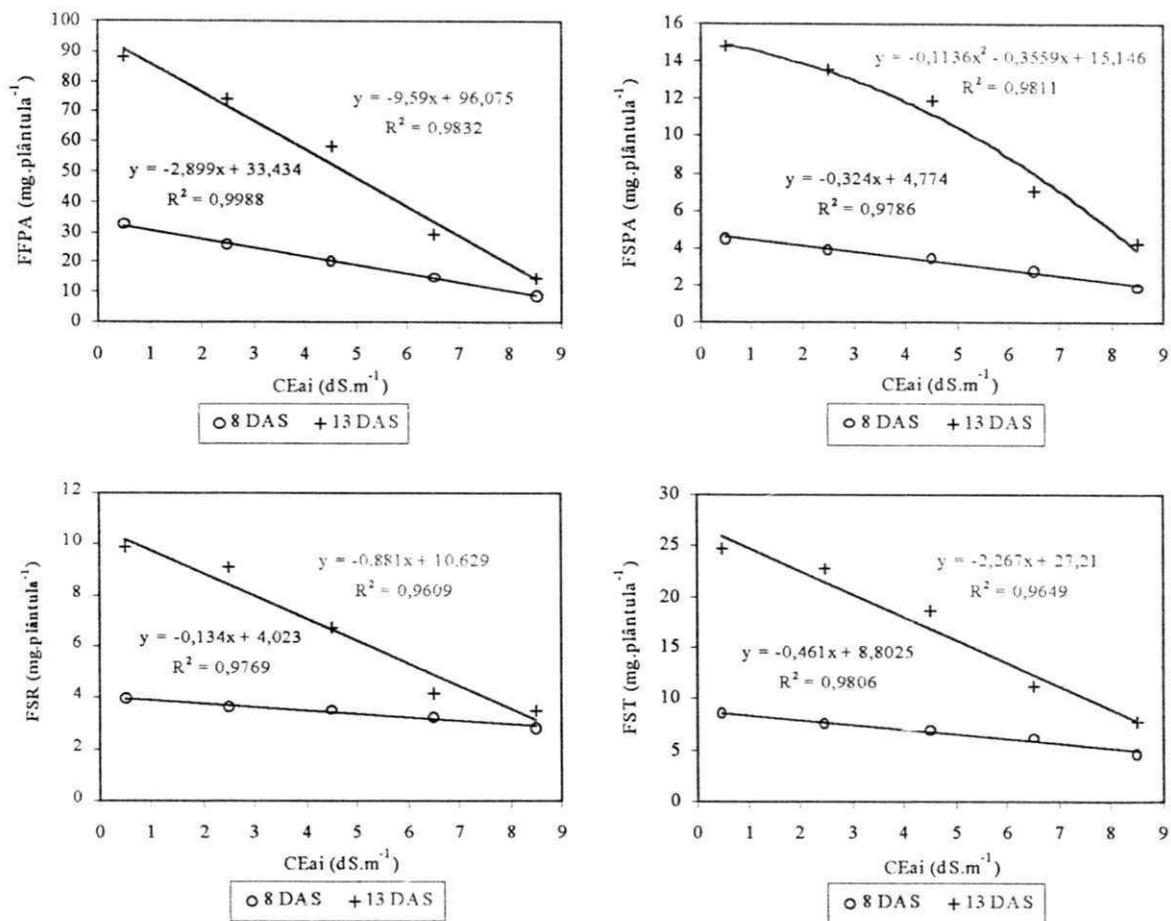


Figura 4 - Fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea, fitomassa seca de raízes (FSR) e fitomassa seca total (FST) aos 8 e 13 dias após sementeira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Fitomassa Seca de Raízes (FSR) e da Parte Aérea (FSPA)

Assim como para FFPA, a salinidade (N) afetou a produção de fitomassa seca das raízes e da parte aérea ao nível de 1 % de probabilidade (Tabela 10); verifica-se também efeito interativo entre os fatores. Pela análise de variância do desdobramento da interação (Tabela 11), constata-se que o fator nível de salinidade (N) dentro de E₁ foi significativo a 1 %, segundo regressão linear, tanto para FSR como para FSPA; entretanto, aos 13 DAS, a FSPA teve redução quadrática significativa a 5 % de probabilidade, enquanto a FSR sofreu efeito linear, ao nível de 1 % de probabilidade.

Tomando-se como base as médias dentro de E₁, para FSPA e FSR (Tabela 11), verifica-se que a salinidade provocou redução a partir de N₁, refletindo a elevada sensibilidade da cultivar. Entre N₁ e os sucessivos níveis, ocorreram decréscimos da ordem

de 14,10, 23,35, 37,89 e 59,47 % na parte aérea (FSPA), enquanto que na fitomassa seca de raízes (FSR), as reduções foram 8,59, 12,12, 18,69 e 28,79 %, sendo mais afetada, portanto, a parte aérea. Campos (1986) observou entre sete cultivares de arroz, diferenças significativas e reduções de fitomassa nas duas partes da plântula, sendo a parte aérea, em média, menos afetada pelo nível mais alto; as reduções verificadas pelo autor aos 10 DAS em relação ao controle (água destilada) e as soluções de $-0,40$ ($CE_{ai} \cong 11,12 \text{ dS m}^{-1}$) e $-0,80$ MPa de NaCl ($CE_{ai} \cong 22,24 \text{ dS m}^{-1}$), foram de 14,33 e 30,03 % para a raiz e de 14,64 e 25,10 % para a parte aérea. Com base nessa discussão nota-se que a cultivar 'Formoso' apresenta maior sensibilidade. Fageria *et al.* (1981), estudando o desenvolvimento de cultivares de arroz em condições de salinização do meio, verificaram haver diferença varietal no peso da matéria seca, atribuída a fatores como o decréscimo do potencial osmótico da solução do solo, acúmulo de íons específicos em nível tóxico e alteração nutricional da planta.

A salinidade aos 13 DAS (N em E₂) também causou efeitos negativos sobre a fitomassa de raízes e da parte aérea. A FSR reduziu-se linearmente com o aumento da CE_{ai}, com decréscimos, relativos a N₁ (Tabela 11), de 7,91, 31,85, 58,01 e 64,30 %, para N₂, N₃, N₄ e N₅, respectivamente. Quanto à FSPA, embora com comportamento quadrático, as reduções relativas ao nível mais baixo, foram de 8,11, 19,46, 52,16 e 68,99 %. Segundo Shalhevet *et al.* (1995), o peso da matéria seca da parte aérea é um parâmetro melhor para classificar cultivares de cereais 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 em tolerante, moderadamente tolerante, moderadamente suscetível e suscetível com base nas respectivas reduções de 0-20, 21-40, 41-60 e > 60 %. Nesse caso, a cultivar 'Formoso' sob N₅ ($CE_{ai} = 8,50 \text{ dS m}^{-1}$) mostrou-se suscetível. Com base nos decréscimos, percebe-se que as duas variáveis foram mais afetadas aos 13 DAS (E₂), reforçando, como se constatou com a FFPA, que a planta de arroz é mais sensível na fase de plântula.

Quanto as médias de FSPA relacionadas às épocas de avaliação, dentro de cada nível salino ('E' em 'N'), contidas na Tabela 11, verifica-se que as plântulas aumentaram a acumulação de matéria seca da parte aérea, entre o 8º (E₁) e o 13º (E₂) dia após semeadura em todos os níveis salinos, entretanto, para as raízes, houve acréscimos

nos três níveis iniciais de CEai, entre as duas épocas de avaliação; aumentando a salinidade (6,50 e 8,50 dS m⁻¹) não houve diferenças significativas na matéria seca acumulada nas raízes entre o 8º e 13º DAS. A ausência de diferença significativa nos últimos níveis (N₄ e N₅) foi devido ao efeito mais severo sobre as raízes aos 13 DAS. Em N₅, a FSPA evoluiu 32,61 % entre as duas datas, enquanto a FSR evoluiu menos, 24,82 %.

De acordo com a Figura 4, nota-se que a fitomassa de raízes sofreu redução de 0,134 e 0,881 mg por aumento unitário da CEai aos 8 e 13 DAS, respectivamente. O peso da matéria seca da parte aérea (Figura 4) teve um comportamento linear na 1ª época (8 DAS) e quadrático na 2ª época (13 DAS) com ponto de máximo tendendo para 0,00 dS m⁻¹, sofrendo decréscimos com o aumento da salinidade. Tal como nas raízes, a parte aérea foi mais afetada no 13º dia. Com base nos modelos matemáticos, a parte aérea perde 0,324 mg aos 8 e 1,838 mg aos 13 DAS, por aumento unitário de CEai.

Fitomassa Seca Total (FST)

O resumo da análise de variância para esta variável está também apresentado na Tabela 10, onde verifica-se que ambos os fatores e a interação entre eles (NxE) foram significativos a 1 % de probabilidade. Pelos dados contidos na Tabela 11, pelos modelos matemáticos e representação gráfica da Figura 4, observa-se semelhança do efeito da salinidade sobre a fitomassa total em relação ao discutido anteriormente.

Avaliando-se as médias apresentadas na Tabela 10, verificam-se reduções da fitomassa total entre os tratamentos salinos. Os decréscimos comparados ao nível N₁ (0,50 dS m⁻¹) foram 8,86, 23,07, 48,01 e 62,59 %, respectivamente, nos níveis de CEai de 2,50, 4,50, 6,50 e 8,50 dS m⁻¹. Os dados obtidos neste trabalho, no nível de 6,50 dS m⁻¹, são bastante aproximados aos registrados por Pearson *et al.* (1966), quando verificaram que o peso da matéria seca das plântulas de arroz (média de 14 cultivares) sofreu redução de 50,00 % em relação ao controle, para uma condutividade elétrica da solução salina de 6,40 dS m⁻¹.

Pelo desdobramento da interação NxE (Tabela 11), verifica-se que o fator nível salino foi altamente significativo (1 % de probabilidade) com regressão linear dentro das 2 épocas. Baseando-se nas médias (Tabela 11), constata-se que o aumento da salinidade afetou a FST e que os decréscimos, relativos a N₁, foram de 11,29, 18,59, 28,94

e 45,41 % dentro de E_1 e de 8,02, 24,62, 54,57 e 68,50 % dentro de E_2 , respectivamente, para N_2 , N_3 , N_4 e N_5 .

Na Tabela 11, com base nas médias da FST, observa-se que as plântulas acumularam matéria seca entre as duas épocas de amostragem nos cinco níveis salinos, uma vez que as médias diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Os modelos matemáticos obtidos nas duas épocas de avaliação estão apresentados na Figura 4, onde se percebe que a FST regride linearmente, sofrendo reduções de 0,46 e 2,27 mg por unidade de CEai aos 8 e 13 DAS, respectivamente. Assim como observado para as outras variáveis, em apenas cinco dias aumentou muito o efeito prejudicial da salinidade da água de irrigação, ficando bem caracterizado que realmente a cultura do arroz torna-se mais sensível na fase de plântula.

4.1.3.3 - Relação Raiz Parte Aérea (R/PA)

Através dessa relação pode ser observada qual das duas partes da planta foi mais afetada pela salinidade. Os resultados desta variável, registrados na Tabela 12, coerentemente com os dados que lhe deram origem, sofreram efeito significativo do fator nível salino (N) a 1 % de probabilidade. À medida que se elevaram os níveis de salinidade, aumentaram também os valores da R/PA, em razão da parte aérea ter sido mais afetada pelos tratamentos. Os valores médios (Tabela 12) nos níveis N_2 , N_3 , N_4 e N_5 cresceram 1,52, 1,64, 9,60 e 40,53 % em relação a N_1 , notando-se um grande incremento no nível N_5 . Quanto às médias do fator 'Época' (E), observa-se que entre o 8º e o 13º dia, a parte aérea ganhou mais matéria seca, de modo que a relação caiu entre as duas datas de avaliação.

Embora sejam discutidos os fatores de forma isolada, verifica-se que o efeito dos fatores foi interativo; o desdobramento da interação está resumido na Tabela 13, onde se verifica que os efeitos dos níveis salinos dentro de E_1 e E_2 foram significativos a 1 % de probabilidade, segundo regressão linear em relação à primeira época de avaliação (E_1) e quadrática em E_2 .

Analisando-se os valores médios contidos na Tabela 13, constata-se que em E_1 ocorreram os seguintes acréscimos na R/PA, 2,84, 14,44, 26,04 e 53,17 % entre os

níveis salinos (N_2 , N_3 , N_4 e N_5), comparados a N_1 . Já em E_2 , verifica-se reduções nos níveis N_2 e N_3 e acréscimos nos níveis maiores (N_4 e N_5). As curvas de ajustes estão representadas na Figura 5. A redução da relação R/PA aos 13 DAS nos níveis menores (até $3,99 \text{ dS m}^{-1}$) foi devido ao fato de que, sob baixas CEai, as raízes foram mais afetadas do que a parte aérea. Verifica-se, na Tabela 11, que entre N_1 e N_3 a FSPA e FSR foram reduzidas em 13,62 e 31,85 %, respectivamente.

Tabela 12. Resumo da análise de variância e médias para relação raiz parte aérea (R/PA), altura de plântulas (H), comprimento radicular (LR), número de folhas (NF) e teor de água da parte aérea (TA).

FV	GL	Quadrados Médios				
		R/PA	H	LR	NF	TA
N. salino (N)	4	0,1838**	15474,120**	2946,620**	1,411**	98944,929**
Reg. Linear	1	(Desdobr.	(Desdobr.	(Desdobr.	2,540**	197621,786**
Reg. Quadr.	1	Tabela 13)	Tabela 13)	Tabela 13)	0,227**	67,385 ^{NS}
Desv. Reg.	2				0,030 ^{NS}	97,853 ^{NS}
Época (E)	1	2,290**	87864,320**	21300,480**	8,201**	172262,195**
Inter. (Nx E)	4	0,064**	4673,520**	594,280**	0,023 ^{NS}	403,209 ^{NS}
Resíduo	40	0,012	173,350	157,100	0,054	581,821
CV(%)	-	12,672	12,227	9,896	11,859	5,526
Nível salino (N)		Médias				
		-	.....mm.....	-	-	%
N_1 (0,50 dS m^{-1})		0,792	150,100	135,500	2,375	558,762
N_2 (2,50 dS m^{-1})		0,804	131,500	138,500	2,252	502,846
N_3 (4,50 dS m^{-1})		0,805	120,200	137,000	2,126	440,176
N_4 (6,50 dS m^{-1})		0,868	85,100	124,900	1,702	369,802
N_5 (8,50 dS m^{-1})		1,113	51,500	97,500	1,426	310,906
Época (E)						
E_1 (8 DAS)		1,090 a	65,760 b	106,040 b	1,550 b	495,187 a
E_2 (13 DAS)		0,662 b	149,600 a	147,320 a	2,360 a	377,795 b
DMS		0,0635	7,3511	7,1710	0,1326	13,797

(**) Efeito significativo a 1 % de probabilidade; (^{NS}) Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade. Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

As médias de E_1 foram bem superiores as de E_2 dentro dos 5 níveis salinos, denotando que houve um maior ganho de fitomassa seca pela parte aérea entre o 8º e o 13º dia.

A parte aérea foi mais sensível à salinidade elevada do que as raízes, concordando com Fageria (1981; 1984), entretanto, aos 13 dias essa tendência só foi verificada a partir de $4,00 \text{ dS m}^{-1}$. É possível que tenha ocorrido acumulação de sódio na parte aérea mais do que o tolerável para o desenvolvimento normal, pois o sódio entrou em maior proporção, no preparo da água de irrigação. As plântulas submetidas aos níveis

maiores de salinidade, notadamente N₅, apresentaram uma coloração verde-escura nas folhas e necrose iniciada no ápice da folha. Flowers & Yeo (1981) observaram grande variação no conteúdo de sódio nos tecidos de várias cultivares de arroz. Resultados de pesquisa com arroz sob estresse salino, obtidos no International Rice Research Institute (IRRI, 1978; 1994), confirmam que a salinidade interfere na absorção de nutrientes e que cultivares sensíveis apresentam uma diminuição mais acentuada no teor de potássio da parte aérea e um aumento nos níveis de sódio e cálcio em razão da salinidade. De acordo com Bernstein (1975), as raízes são diretamente expostas aos ambientes salinos, mas seu crescimento é menos afetado do que a parte aérea, aumentando em consequência disso, a relação R/PA. Resultados obtidos por Bari *et al.* (1973) indicaram que a parte aérea do arroz foi mais tolerante a salinidade do que a raiz. Campos (1986) verificou que, em algumas cultivares de arroz, a parte aérea das plântulas (10 DAS) mostrou-se mais tolerante, pois a R/PA diminuiu quando o potencial osmótico tornou-se mais negativo.

Tabela 13. Desdobramento das interações significativas e médias para relação raiz parte aérea (R/PA), altura de plântulas (H) e comprimento radicular (LR).

FV	Quadrados Médios		
	R/PA	H	LR
N em E₁			
R. Linear	0,701**	6384,500**	1161,620**
R. Quadr.	0,070 ^{NS}	72,014 ^{NS}	660,357*
D. Repr.	0,003 ^{NS}	30,423 ^{NS}	97,691 ^{NS}
Resíduo	0,0216	76,660	156,480
CV	13,465	13,314	11,797
Médias			
N em E₁	-	.....mm.....	
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)	0,914	87,400	111,400
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)	0,940	76,000	110,400
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)	1,046	67,600	111,600
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)	1,152	57,800	108,600
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)	1,400	40,000	88,200
N em E₂			
R. Linear	0,026**	70012,820**	8580,500**
R. Quadr.	0,134**	3115,557**	3557,157**
D. Repr.	0,027 ^{NS}	472,411 ^{NS}	4,291 ^{NS}
Resíduo	0,003	270,04	157,860
CV	8,422	10,9846	8,529
Médias			
N em E₂	-	.....mm.....	
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)	0,670	212,800	159,600
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)	0,668	187,000	166,600
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)	0,564	172,800	162,400
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)	0,584	112,400	141,200
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)	0,826	63,000	106,800
E em N₁			
E ₁	0,914 a	87,400 b	111,400 b
E ₂	0,670 b	212,800 a	159,600 a
E em N₂			
E ₁	0,940 a	76,000 b	110,400 b
E ₂	0,668 b	187,000 a	166,600 a
E em N₃			
E ₁	1,046 a	67,600 b	111,600 b
E ₂	0,564 b	172,800 a	162,400 a
E em N₄			
E ₁	1,152 a	57,800 b	108,600 b
E ₂	0,548 b	112,400 a	141,200 a
E em N₅			
E ₁	1,400 a	40,000 b	88,200 b
E ₂	0,826 b	63,000 a	106,800 a
DMS	0,1420	16,8400	16,0349

(**) Efeito significativo a 1 % e (*) a 5 % de probabilidade; (^{NS}) Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade. Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

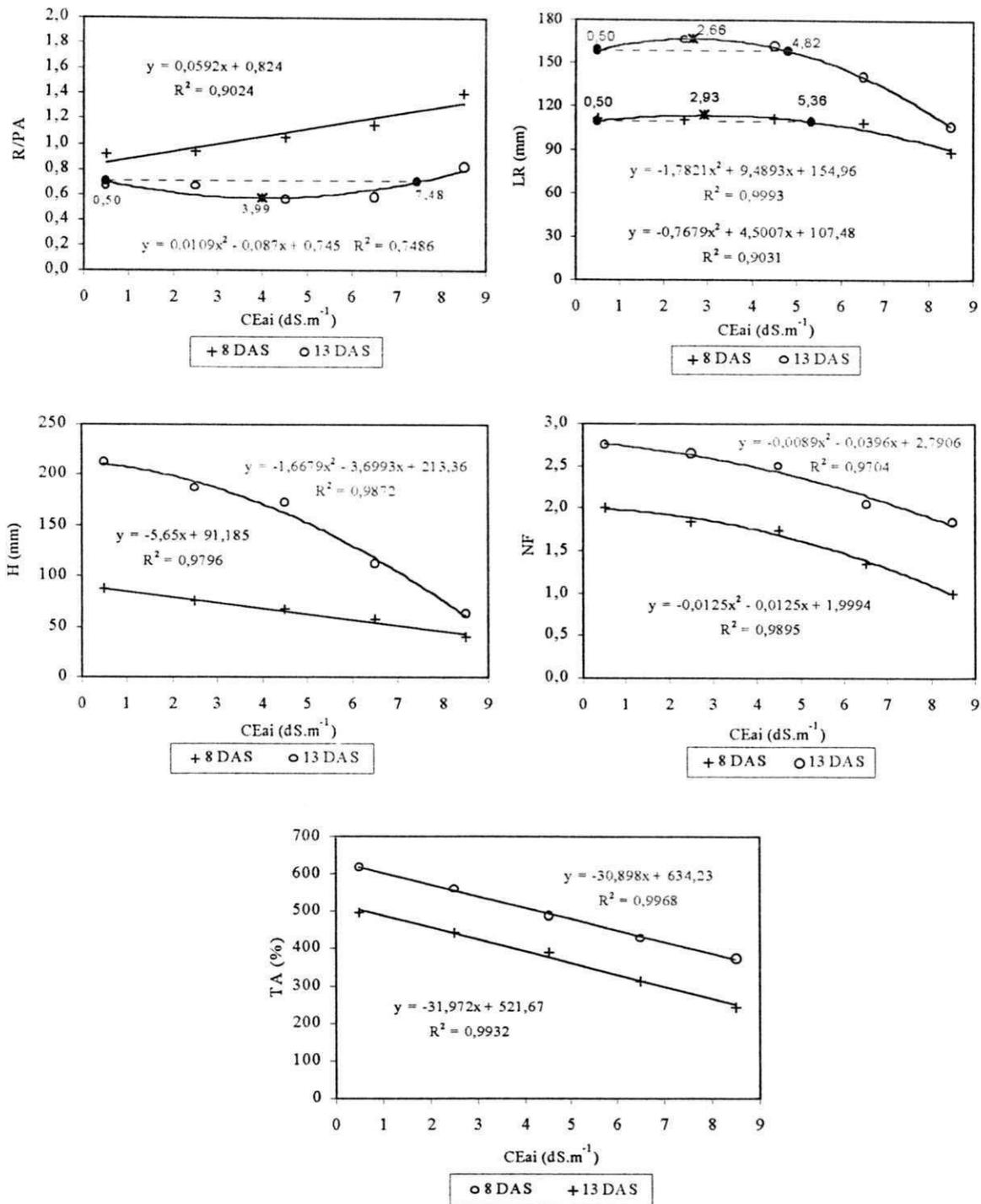


Figura 5 - Relação raiz parte aérea (R/PA), comprimento radicular (LR), altura de plântulas (H), número de folhas (NF) e teor de água (TA) aos 8 e 13 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

4.1.3.4 - Altura de Plântulas (H)

Observa-se que as condições de estresse salino (níveis salinos) impostas à cultivar afetaram significativamente a altura da parte aérea (Tabela 12). A altura sofreu progressivas reduções a partir de N_1 ($0,50 \text{ dS m}^{-1}$). Com base nas médias observadas ocorreram os seguintes decréscimos entre N_1 e os demais níveis, 12,39, 19,92, 43,30 e 65,69 %. Datta (1972) também observou reduções marcantes na altura de cultivares de arroz sob estresse salino, com águas salinas de 4,50, 12,50 e $15,50 \text{ dS m}^{-1}$, entretanto sem grande diferença entre o nível salino mais baixo ($4,50 \text{ dS m}^{-1}$) e o controle. De acordo com Campos (1986), as plântulas adversamente afetadas pela salinidade crescem mais lentamente e são, por essa razão, atrofiadas. O mesmo autor verificou decréscimos significativos no comprimento da parte aérea das plântulas de 7 cultivares estudadas aos 10 DAS. As reduções foram mais drásticas de - 0,40 para - 0,80 MPa (55,05 %) do que do controle para - 0,40 MPa (21,18 %); constatou ainda que as cultivares IAC 25, IAC 47 e Lebonnet, tiveram maiores alturas após germinação.

O fator 'Época' (E) também foi significativo a 1 % de probabilidade; na Tabela 12, verifica-se que a altura média em E_2 foi 2,27 vezes maior (127 %) do que em E_1 e que houve efeito interativo dos fatores ($N \times E$), denotando que os efeitos da salinidade variaram com a época.

As análises da variância e médias do desdobramento estão resumidos na Tabela 13. Nota-se que o efeito da salinidade foi linear aos 8 dias e quadrático aos 13 dias, ambos significativos a 1 % de probabilidade. Esses efeitos significativos indicam que houve resposta da cultivar, em altura da planta, e que tais efeitos foram decrescentes com o incremento da salinidade da água.

Com base nas alturas médias obtidas (Tabela 13), foram constatadas as seguintes reduções (comparadas a N_1), 13,04, 22,65, 33,87 e 54,23 % em E_1 e, 12,12, 18,80, 47,18 e 70,39 % em E_2 para os respectivos tratamentos, N_2 , N_3 , N_4 e N_5 ; o efeito da salinidade aumentou entre as duas épocas de avaliação nos dois níveis mais altos de salinidade (N_4 e N_5), com reduções mais drásticas do crescimento, enquanto nos tratamentos N_2 e N_3 houve uma pequena recuperação, pois o percentual de redução em relação a E_1 , diminuiu. As plântulas aumentaram a altura entre o 8º e 13º dia, em todos os níveis salinos, de modo que houve diferença significativa entre as médias segundo teste de

Tukey a 5 % de probabilidade. Estas observações são melhor visualizadas por intermédio da Figura 5, contendo as curvas de regressões e os modelos matemáticos relacionando o crescimento das plântulas em altura com os fatores 'N' e 'E'. Nota-se que aos 13 DAS, a partir de N₃, a salinidade da água afetou mais intensivamente o vigor das plântulas, avaliado pela sua altura. A cultivar respondeu de forma linear e quadrática nos respectivos períodos de avaliação, 8 e 13 DAS. No 8º dia, percebe-se que houve um decréscimo de 5,65 mm na altura por incremento unitário da CEai. Com base nas estimativas da altura a partir dos modelos matemáticos, entre N₁ e N₅, foram observados decréscimos de 51,15 % (88,36 para 43,16 mm) em E₁ e, 70,98 % (210,89 para 61,21 mm) em E₂. Assim, os níveis crescentes de salinidade diminuíram progressivamente o vigor, originando plântulas cada vez menores, conseqüentemente menos pesadas, como foi observado em itens anteriores.

4.1.3.5 - Comprimento Radicular (LR)

Observa-se na Tabela 12 que os níveis salinos (N) afetaram significativamente o comprimento radicular (raiz mais extensa). Ao contrário das fitomassas e da altura da parte aérea, o comprimento radicular só foi afetado pelos níveis mais elevados de salinidade, notando-se inclusive, pequenos acréscimos em relação ao nível menos salino (N₁), de 2,21 e 1,11 % para N₂ e N₃, respectivamente. O LR médio das plântulas quando irrigadas com N₄ (CEai = 6,50 dS m⁻¹) e N₅ (CEai = 8,50 dS m⁻¹) foi 7,82 e 28,04 % menor do que o observado em N₁. Infere-se, que até 6,50 dS m⁻¹, o comprimento radicular foi pouco afetado. Fazendo-se uma análise comparativa com a altura (item antecedente), percebe-se que o comprimento das raízes foi menos afetado, no entanto, verificou-se uma menor evolução do LR entre as 2 épocas, enquanto a altura evoluiu 127,49 %, o comprimento radicular evoluiu apenas 38,93 % (Tabela 12). Verifica-se ainda na Tabela 12, que o fator 'E', e a interação NxE foram também altamente significativos, tendo o efeito nas 2 épocas de avaliação ocorrido de forma diferente, o que pode ser constatado na Figura 5. O comprimento radicular, teve uma pequena tendência de crescimento nos níveis iniciais, ocorrendo incrementos, embora baixos, até 2,93 e 2,66 dS m⁻¹, pontos de máximo aos 8 e 13 DAS, respectivamente. A partir dessas condutividades, o comprimento das raízes foi sempre decrescente, sendo considerados como pontos críticos, os respectivos valores de 5,36 e 4,82 dS m⁻¹ para E₁ e E₂. Tanto o

ponto de máximo como o ponto crítico, foi maior aos 8 DAS, portanto, com base nesses pontos, verifica-se que a cultivar 'Formoso', foi mais sensível na segunda época de avaliação, a exemplo das fitomassas e da altura, reforçando e confirmando que a sensibilidade à salinidade intensifica-se na fase de plântula. As médias obtidas em E₂ diferiram significativamente das obtidas em E₁ nos 5 níveis salinos estudados.

Comparando-se os dados médios do comprimento radicular (LR) e da fitomassa de raízes (FSR) (Tabelas 10 e 12), para esta cultivar, verifica-se que, no estágio de plântula, o comprimento (alongamento) é menos afetado do que o seu peso. Aos 8 DAS, a fitomassa de raízes e comprimento radicular diminuíram 28,79 % (Tabela 11) e 20,83 % (Tabela 13) entre os níveis de 0,50 e 8,50 dS m⁻¹; enquanto que, aos 13 DAS, as respectivas reduções foram 64,30 % e 33,08 %. Segundo Akbar *et al.* (1972) e Fageria (1984), o alongamento das raízes na fase vegetativa é mais afetado do que o seu peso na fase vegetativa. Campos (1986) também verificou, aos 10 DAS, decréscimos significativos no comprimento total das raízes de plântulas, em sete cultivares de arroz, sendo maiores os decréscimos entre - 0,40 e - 0,80 MPa (55,09 %) do que do controle para - 0,40 MPa (4,78 %).

4.1.3.6 - Número de Folhas (NF)

Analisando-se os resultados estatísticos apresentados na Tabela 12, verifica-se que não houve efeito interativo dos fatores (NxE) e constata-se que a salinidade afetou o número de folhas, ao nível de 1 % de probabilidade. Conforme os estudos de regressão, o efeito foi quadrático, como pode ser verificado também, na Figura 5. Os decréscimos verificados entre N₁ e os respectivos tratamentos (N₂, N₃, N₄ e N₅), baseados nas médias apresentadas na Tabela 12, foram de 5,18, 10,48, 28,34 e 39,96 %. Assim, o NF da cultivar sofreu o efeito marcante da salinidade nos níveis de 6,50 e 8,50 dS m⁻¹; percebeu-se uma grande correlação entre o NF e a ETR, visto que esta, decresceu 32,89 e 33,26 % entre os tratamentos N₁ e N₅ na primeira e segunda semana, respectivamente. O fator 'Época', também foi significativo ao nível de 1 % de probabilidade, tendo as plântulas aumentado o número de folhas em 52,26 % do 8º para o 13º dia, evoluindo de 1,55 para 2,36 folhas por plântula. Viana (2000), em pesquisa semelhante, também observou que a

salinidade da água em alface, cultivar 'Elba', afetou o vigor das plântulas aos 7 e 14 DAS, reduzindo linearmente o número de folhas. Verificou, ainda, como neste trabalho, que houve efeito isolado dos fatores salinidade e época. Por se tratar de vigor, estão apresentadas as curvas de regressões obtidas aos 8 e 13 DAS, caracterizando-se assim a ausência de interação, pois percebe-se que há um certo grau de paralelismo entre as curvas. Os resultados guardam grande coerência com os verificados para as variáveis de fitomassa, altura da parte aérea e comprimento radicular, porém, ao contrário destas, o efeito aos 13 DAS não se intensificou.

4.1.3.7 - Teor de Água da Parte Aérea (TA)

O resumo da análise da variância desta variável está apresentado na Tabela 12, onde nota-se que houve efeito significativo a 1 % de probabilidade de ambos os fatores e ausência de efeito interativo; a resposta da cultivar à salinidade, ocorreu de forma linear, pois os decréscimos verificados no teor de água (percentagem de água base seca) entre os níveis salinos foram regulares. As perdas verificadas no conteúdo de água, relativas a N₁, foram de 10,00, 21,22, 33,81 e 44,35 %, para os respectivos níveis N₂, N₃, N₄ e N₅. Isso ocorreu devido ao efeito osmótico, impedindo a entrada de água nas células das plântulas. Uhvits (1946) indicou o efeito osmótico do manitol, como responsável pela redução da entrada de água nas sementes e plântulas de alfafa.

Observa-se também que as plântulas perderam conteúdo de água da parte aérea com a idade em todos os níveis salinos; o teor de água aos 13 DAS em relação aos 8 DAS, foi 23,71 % menor. Os modelos matemáticos estão apresentados na Figura 5, verificando-se elevado grau de paralelismo entre as curvas ajustadas, sendo o efeito da salinidade semelhante nas duas épocas de amostragem. Nota-se com base nos coeficientes angulares, que a turgidez da parte aérea sofreu reduções de 30,90 % e 31,97 % por incremento unitário de CE_{ai}, aos 8 e 13 dias, respectivamente. Os resultados traduzem o efeito osmótico dos sais diminuindo o potencial hídrico das células das plântulas. Campos (1986) verificou redução no potencial hídrico da plântula em 34,33 %, quando o potencial osmótico da solução foi reduzido do controle (0,00 MPa) para - 0,40 MPa.

Neste experimento, verificou-se que sob condições crescentes de estresse salino, as plântulas apresentaram um menor consumo de água, representado pela ETR

(Figura 2). Assim, verifica-se que há uma grande relação entre a ETR e o TA, como também foi constatado com o NF. Devido à menor absorção de água nos níveis mais altos de salinidade, as folhas apresentaram uma coloração verde azulada escura e mais espessadas. Convém salientar que as raízes apresentaram diminuição do alongamento e da fitomassa, notadamente no nível de salinidade mais elevado ($8,50 \text{ dS m}^{-1}$), o que pode ter refletido em uma menor absorção de água, afetando a demanda para a parte aérea. Bhivare & Nimbalkar (1984) observaram, entretanto, que o NaCl, além de causar um aumento na espessura, também aumenta o teor de umidade das folhas de feijão.

Em acordo com relatos de Pizarro (1985) e Lima (1997), a presença de sais em excesso na solução do solo aumenta a pressão osmótica, podendo chegar a um ponto em que a força de sucção das raízes não consegue mais se contrapor a pressão osmótica e, em consequência, não conseguem absorver água. Em condições salinas ocorre redução na disponibilidade água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo, o potencial total deste irá sofrer uma redução, devido a contribuição do potencial osmótico (Ψ_o) e, como a água tende a deslocar-se do ponto de maior para o de menor potencial, surgirá este ponto negativo à absorção de água.

4.1.3.8 - Taxas de Crescimento

Os resultados da avaliação dessas variáveis estão citados na Tabela 14, onde verifica-se que a salinidade inibiu linearmente o crescimento radicular e da parte aérea ao nível de 1 % de probabilidade. As análises foram efetuadas com base nos dados transformados em $\sqrt{x+1}$, visto que, verificou-se não haver normalidade dos dados e ausência de homogeneidade das variâncias dos respectivos tratamentos (Ferreira, 1991).

Taxas de Crescimento Absoluto da Parte Aérea (TCA_{PA}) e das Raízes (TCA_R)

Com base nas médias obtidas, foram constatadas as seguintes reduções, em relação a N_1 , de 1,91, 6,81, 22,01 e 29,91 % para a parte aérea e de 1,74, 13,39, 26,56 e 27,16 % para as raízes, para os níveis N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente. O ganho diário de matéria seca foi marcadamente afetado nos níveis de $6,50$ e $8,50 \text{ dS m}^{-1}$. Viana (2000), ao avaliar a TCA em alface, ao longo do ciclo, com base na matéria seca, também constatou que a salinidade afetou linearmente, ao nível de 1 % de probabilidade, com correlação

negativa; tendo verificado os decréscimos na TCA, por incremento unitário de CE_{Eai}, de 13,80, 11,00 e 9,00 % para os períodos de 0-10, 10-20 e 20-30 DAT, respectivamente. Verifica-se na Figura 6, que a parte aérea ganhou mais massa seca diária (mg dia⁻¹) em relação às raízes. As raízes e a parte aérea, respectivamente, sofreram decréscimo de 0,06 e 0,07 mg dia⁻¹ por incremento unitário da salinidade. Campos (1986) estudando os efeitos do NaCl sobre o crescimento das plântulas de arroz, verificou redução no peso da matéria seca das raízes e parte aérea, ao longo do ciclo, o que resulta em menores TCA de ambas partes. Vale salientar que, além das fitomassas, verificou-se nesse trabalho que o número de folhas (NF), o comprimento radicular (LR) e altura da parte aérea (H) também sofreram reduções com o acréscimo de salinidade, notadamente aos 13 DAS, o que implica na redução da taxa de crescimento, portanto pelas mesmas razões, os níveis crescentes de salinidade diminuíram progressivamente o vigor das plântulas (potencial para o desenvolvimento de plântulas normais). Trabalhos desenvolvidos por Datta (1972), também indicaram que cultivares de arroz sob estresse salino, com níveis de CE_{Eai} 4,50, 12,50 e 15,50 dS m⁻¹ sofreram reduções marcantes no crescimento.

Taxas de Crescimento Relativo da Parte Aérea (TCR_{PA}) e das Raízes (TCR_R)

Verifica-se, pelos dados contidos na Tabela 14, que as taxas de crescimento relativo das duas partes da planta, foram prejudicadas significativamente pela salinidade da água de irrigação, ao nível de 1 % de probabilidade (efeito linear), entretanto, com baixas reduções. Os decréscimos verificados entre N₁ e N₅ foram 5,89 e 5,05 % para a parte aérea e raízes, respectivamente. A taxa de crescimento relativo, corresponde a unidade de material produzido por unidade de material preexistente (no caso, a fitomassa seca total aos 8 DAS), ou seja, é a eficiência da planta em produzir células e novos tecidos a partir de fotoassimilados (Benincasa, 1988). As curvas de regressões significativas estão apresentadas na Figura 6, onde observa-se que a salinidade pouco afetou as taxas e que a TCR da parte aérea foi paulatinamente superior a TCR das raízes. Os coeficientes de determinação, indicam, porém, que não houve um alto grau de associação entre as taxas de crescimento relativo com a CE_{Eai}.

Tabela 14. Resumo da análise de variância e médias para taxa de crescimento absoluto da parte aérea (TCA_{PA}) e das raízes (TCA_R) e taxa de crescimento relativo da parte aérea (TCR_{PA}) e das raízes (TCR_R).

FV	GL	Quadrados Médios			
		$^1TCA_{PA}$	1TCA_R	$^1TCR_{PA}$	1TCR_R
N. salino (N)	4	0,2646**	0,1833**	0,0056**	0,0038**
Reg. Linear	1	0,9748**	0,6767**	0,0176**	0,0135**
Reg. Quadr.	1	0,0541 ^{NS}	0,0000 ^{NS}	0,0030 ^{NS}	0,0000 ^{NS}
Desv. Reg.	2	0,0149 ^{NS}	0,0283 ^{NS}	0,0010 ^{NS}	0,0009 ^{NS}
Resíduo	20	0,0125	0,0069	0,0010	0,0003
CV (%)	-	7,2820	6,5017	2,9122	1,7844

Nível salino (N)	Médias			
	.....mg dia ⁻¹.....		....(mg mg ⁻¹) dia ⁻¹	
N ₁ (0,50 dS m ⁻¹)	1,7467	1,4773	1,1186	1,0699
N ₂ (2,50 dS m ⁻¹)	1,7134	1,4516	1,1247	1,0715
N ₃ (4,50 dS m ⁻¹)	1,6277	1,2795	1,1200	1,0477
N ₄ (6,50 dS m ⁻¹)	1,3621	1,0849	1,0689	1,0152
N ₅ (8,50 dS m ⁻¹)	1,2242	1,0760	1,0527	1,0159

(**) Efeito significativo a 1 % e (^{NS}) Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

¹Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

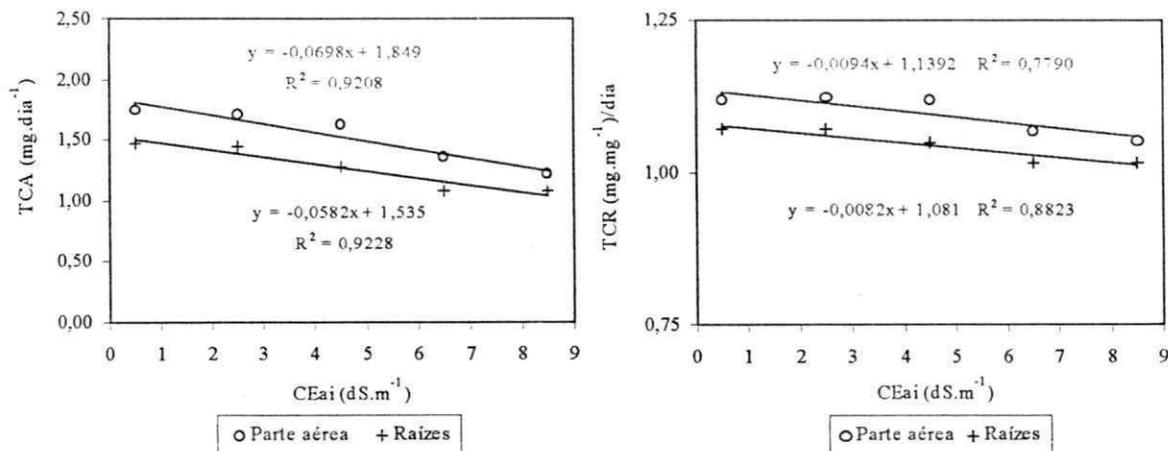


Figura 6 - Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento reativo (TCR) da parte aérea e das raízes entre 8 e 13 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Considerando que os resultados e a discussão foram baseadas em dados transformados ($\sqrt{x+1}$), ao recuperar os dados originais, infere-se que os decréscimos, foram acentuados. Assim, pode-se dizer que a cultivar apresenta elevada sensibilidade aos efeitos da salinidade e a planta perde capacidade para produção de tecidos jovens.

Não havendo, na literatura disponível, resultados de pesquisa a respeito dos efeitos de salinidade sobre a TCR em arroz, pode-se comparar os da presente pesquisa, com os obtidos por outros autores. Viana (2000), observou na cultura do alface, ao contrário deste trabalho, ausência de efeito da salinidade para a produção de material novo ao longo do ciclo. Ausência de efeito, ao longo do ciclo, entre tratamentos, também foi constatado por Dantas & Escobedo (1998) estudando índices morfo-fisiológicos e rendimento de alface, em ambiente natural e protegido, no verão e no inverno, sem registrar influências sobre a TCR.

4.2 – Experimento II – Desenvolvimento e Produção

4.2.1 - Fenologia da Cultura

Os resultados obtidos a partir da observação dos estádios fenológicos da cultura estão apresentados na Tabela 15. A salinidade da água de irrigação afetou em graus diferentes o início e a duração dos estádios da cultura. Segundo o IRRI (1968) e Akbar *et al.* (1972), durante a fase vegetativa todos os parâmetros de crescimento são afetados em graus diferentes pela salinidade.

O início da produção de perfilhos ocorreu entre 12 e 15 DAT, entretanto só aos 18 DAT foram verificados perfilhos em todas as parcelas. Em geral, ocorreu atraso de 3 dias (25,00 %) no início do perfilhamento com a utilização de mudas produzidas em condições de estresse salino (8,50 dS m⁻¹). A duração da produção de perfilhos foi pouco afetada pelo tipo de muda dentro de cada nível salino; com relação aos níveis de salinidade, observa-se (Tabela 15) que só no nível mais elevado (N₅) é que houve maior variação da fase de perfilhamento, estendendo-se por mais 13 dias. Para Fageria (1984), a fase vegetativa de perfilhamento do arroz é a menos afetada pela salinidade.

O início do emborrachamento, tal como o início do perfilhamento, sofreu atraso nos níveis elevados da condutividade elétrica da água de irrigação, notadamente sob N₅ (5,00 dS m⁻¹); o fator ‘muda’ (M) teve influência sobre o desenvolvimento da panícula dentro deste nível salino, retardando em uma semana comparando-se M₁ à M₀, pois o final do emborrachamento ocorreu respectivamente aos 100 e 93 DAT (Tabela 15). Por outro

lado, percebeu-se que, nos níveis de salinidade intermediários, a duração do desenvolvimento da panícula (início ao fim do emborrachamento) foi paulatinamente maior. A duração do período vegetativo foi muito afetado pelas condições salinas com atraso de 2 semanas, variando de 71 sob N_1 a 85 dias sob N_5 .

Tabela 15. Identificação da ocorrência e duração, em dias, dos estádios¹ de desenvolvimento da cultura, a partir do transplântio.

Trat.	Período vegetativo (DAT)			Floração (início ³ -fim emergência de panículas) (DAT) Interv.: duração	Formação da produção (enchimento efetivo de grãos) ⁴ (DAT)	Colheita (DAT)
	Perfilhamento Intervalo:duração	Desenvolvimento da panícula ² Intervalo:duração	Duração			
N_1M_0	12-77:65	69 – 84:15	72	85-113:28	115	125
N_1M_1	15-77:62	72 – 86:14	71	87-114:27	117	127
N_2M_0	12-77:65	72 – 87:15	75	88-114:26	118	128
N_2M_1	12-77:65	72 – 88:16	76	89-112:23	119	129
N_3M_0	12-77:65	72 – 89:17	77	90-114:24	120	130
N_3M_1	15-77:62	72 – 89:17	74	90-113:23	120	130
N_4M_0	12-77:65	75 – 91:16	79	92-114:22	122	132
N_4M_1	15-82:67	78 – 92:14	77	93-115:22	123	133
N_5M_0	12-90:78	78 – 93:15	81	94-117:23	124	134
N_5M_1	15-90:75	87 – 100:13	85	101-122:21	130	141

¹Estádios baseados em Doorenbos & Kassam (1994); estágio de estabelecimento (viveiro ao transplântio) = 18 dias.

² Emborrachamento.

³ Pelo menos duas parcelas com panícula.

⁴ Considerou-se quando cerca de 90 % da panículas encontravam-se maduras.

$N_1 = 1,00 \text{ dS m}^{-1}$ $N_2 = 2,00 \text{ dS m}^{-1}$ $N_3 = 3,00 \text{ dS m}^{-1}$ $N_4 = 4,00 \text{ dS m}^{-1}$ $N_5 = 5,00 \text{ dS m}^{-1}$

$M_0 =$ Muda produzida sob $CE_{ai} = 0,50 \text{ dS m}^{-1}$ (sem estresse).

$M_1 =$ Muda produzida sob $CE_{ai} = 8,50 \text{ dS m}^{-1}$ (com estresse).

A duração da emergência de panículas, curiosamente, sofreu redução com o incremento da salinidade, passando de 28 para 21 dias quando se irrigou com N_1 e N_5 , respectivamente. Lima (1998), ao trabalhar com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), verificou que a duração de todos os estádios fenológicos foi modificada em função dos níveis de salinidade da água de irrigação, retardando os estádios iniciais e antecipando os estádios finais; parecendo, segundo o autor, uma estratégia de escape ou fuga, comum em situação de estresse hídrico, como tentativa de perpetuação da espécie.

A salinidade, em geral, retardou a emissão da inflorescência, iniciando aos 85 e 87 DAT no tratamento N_1 e aos 94 e 101 DAT no nível salino mais alto, para M_0 e M_1 , respectivamente. O fator muda (M) teve pouca influência sobre o início da emergência

de panículas, exceto no nível mais elevado, em que a muda produzida com estresse salino (M_1) sofreu atraso de 7 dias. Pearson (1959), trabalhando em casa de vegetação, verificou também que o desenvolvimento do arroz foi menos prejudicado pela salinidade na fase vegetativa do que na fase reprodutiva, tendo verificado que o período entre o semeio e a emergência da panícula (fase vegetativa) aumentou progressivamente de 82 para 111 dias com o incremento do nível salino da testemunha para o nível mais alto de CE_{ai} ($16,00 \text{ dS m}^{-1}$), resultado semelhante ao obtido neste trabalho.

O enchimento efetivo de grãos, de forma similar ao desenvolvimento e início da emergência de panículas, foi influenciado pela salinidade, ocorrendo retardamento com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

O período para a colheita foi de 40 dias após o início da floração e 10 dias após o enchimento efetivo de grãos. A salinidade da água de irrigação teve influência sobre a duração do ciclo, retardando a colheita em 16 dias, entre os níveis extremos de salinidade. A muda do grupo com estresse (M_1) teve efeito mais marcante dentro do nível N_5 , pois atrasou em uma semana o ciclo, em relação a muda sem estresse (M_0), nesse mesmo nível de CE_{ai} .

4.2.2 - Salinidade Final do Solo

O resumo dos dados da análise do material de solo coletado nos rizotrons, na profundidade de 20-30 cm, no final do experimento, consta na Tabela 16. Os parâmetros CE_{es} , PST e pH em função da CE_{ai} estão representados na Figura 7.

A condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) inicial foi $0,50 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 5), bem inferior à verificada no final do ciclo, que variou, em média, entre $1,53 \text{ dS m}^{-1}$ em N_1 e $4,92 \text{ dS m}^{-1}$ em N_5 . Segundo vários autores (Maas & Hoffman, 1977; Maas, 1984; Doorenbos & Kassam, 1994), ocorre diminuição no rendimento do arroz de 10, 25, 50 e 100 % quando a CE_{es} aumenta de 3,00 para 3,80, 5,10, 7,20 e $11,50 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. O fator de concentração da CE_{es} ($FC_{es} = CE_{es}/CE_{ai}$) teve uma relação inversa com a salinidade da água de irrigação, tendo decrescido dos níveis salinos mais baixos para os mais elevados (Figura 7). Isso ocorreu, devido ao aumento da fração de lixiviação (FL) com o incremento da salinidade da água. No período entre 109 DAT e a

colheita, foram verificadas as seguintes FL médias, 0,59, 0,63, 0,68, 0,72 e 0,75 para N₁, N₂, N₃, N₄ e N₅, respectivamente.

Tabela 16. Características químicas de amostras dos materiais de solos, dos tratamentos, coletadas pós-colheita na profundidade média (20-30 cm) do rizotron.

Tratamentos	CEes (dS m ⁻¹)	FCes	PST (%)	pH
N ₁ M ₀	1,53	1,53	3,11	7,06
N ₂ M ₀	2,80	1,40	6,80	7,19
N ₃ M ₀	3,37	1,12	9,18	7,28
N ₄ M ₀	3,98	1,00	10,82	7,21
N ₅ M ₀	5,12	1,02	12,69	7,47
N ₁ M ₁	1,53	1,53	2,96	7,14
N ₂ M ₁	2,60	1,30	5,54	7,28
N ₃ M ₁	3,36	1,12	8,30	7,30
N ₄ M ₁	4,39	1,10	9,89	7,18
N ₅ M ₁	4,72	0,94	11,04	7,33
Valores Médios				
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)	1,53	1,53	3,04	7,10
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)	2,70	1,35	6,17	7,24
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)	3,37	1,12	8,74	7,29
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)	4,19	1,05	10,35	7,20
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)	4,92	0,98	11,87	7,40

FCes = Fator de concentração de sais no extrato de saturação (FCes = CEes/CEai).

A PST foi calculada em função da RASes (Eq. 14, Material e Métodos).

FL(109DAT-colheita) = Fração de lixiviação média (FL=Vol. drenado/Vol. aplicado): 0,59-0,63-0,68-0,72-0,75 (N₁ - N₂ - N₃ - N₄ - N₅).

Os valores da relação de adsorção de sódio do extrato de saturação (RAS), calculada pela Eq. 13 (Material e Métodos), estão apresentados na Tabela A₄ (Anexos). Verifica-se que a RAS aumentou consideravelmente em relação à RAS inicial, 1,84 (mmol L⁻¹)^{1/2} (Tabela 5), entretanto, nota-se, que os valores da RAS foram todos inferiores a 12,00, o que resulta em uma PST inferior a 15,00 %, indicando que a água de irrigação não provocou a sodificação do solo, no que depende da proporção do Na⁺ em relação aos demais cátions. Observa-se também, (Tabela A₄, em Anexos), que a RAS progrediu de forma acentuada com os níveis crescentes de salinidade devido às proporções dos sais utilizados para preparação das soluções salinas, 7:2:1 (NaCl:CaCl₂.2H₂O:MgCl₂.6H₂O) e, supostamente, em parte, à tolerância da planta relacionada ao mecanismo de exclusão de íons, pois segundo o IRRI (1994), a diferença entre cultivares tolerantes à salinidade pode estar associada ao baixo teor de absorção e à acumulação de Na⁺ ou Cl⁻ em toda a planta ou na parte aérea e que, nas cultivares tolerantes, o teor de Na⁺ na parte aérea é muito menor que nas cultivares suscetíveis, o que certamente implica no incremento da RAS.

A reação do solo não sofreu influência da concentração dos sais na água de irrigação, visto que, em todos os tratamentos, o pH oscilou entre 7,06 e 7,47, entretanto, mostrou-se acima do pH inicial, de 4,54 (Tabela 5), possivelmente o incremento seja devido à calagem. Na Tabela A₄ (Anexo) estão apresentados resultados mais detalhados da salinidade final do solo em que se verificou ausência de CO₃²⁻ e presença de SO₄²⁻ no extrato de saturação.

A PST foi estimada a partir da RAS (Eq. 14, Material e Método). Pelos valores inferiores a 15,00 %, nota-se não ter havido problema de sodificação do solo. Quanto à tolerância relativa, segundo Pearson (1961) e Ayers & Westcot (1991), o arroz é uma planta semi-tolerante, tolerando PST na faixa de 15,00 a 40,00 %. Por outro lado, Gheyi *et al.* (1982), em experimento conduzido em condições de campo, verificaram que a PST na área experimental variou entre 65,70 e 89,90 % após colheita, e que a maioria das cultivares teve produtividade entre 4000 e 6120 kg ha⁻¹.

Os resultados obtidos (Anexo, Tabela A₃) estão em conformidade com os relatados por Fireman & Wadleigh (1951). Esses autores mostram que, quando o pH da pasta de saturação é menor do que 7,50, o solo quase nunca contém carbonatos de cálcio e de magnésio e, quando o pH é menor que 8,50, a PST pode ser maior ou menor que 15 %.

Com base nos resultados, notou-se caráter de solo-salino nos níveis N₄ e N₅ (CEes > 4,00 dS m⁻¹, PST < 15,0 % e pH < 8,5) segundo a classificação tradicional, enquanto segundo a classificação proposta pelo Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo (Tabela 1) o solo é salino a partir de N₂ (CEes > 2,00 dS m⁻¹, PST < 15,0 % e pH < 8,5)

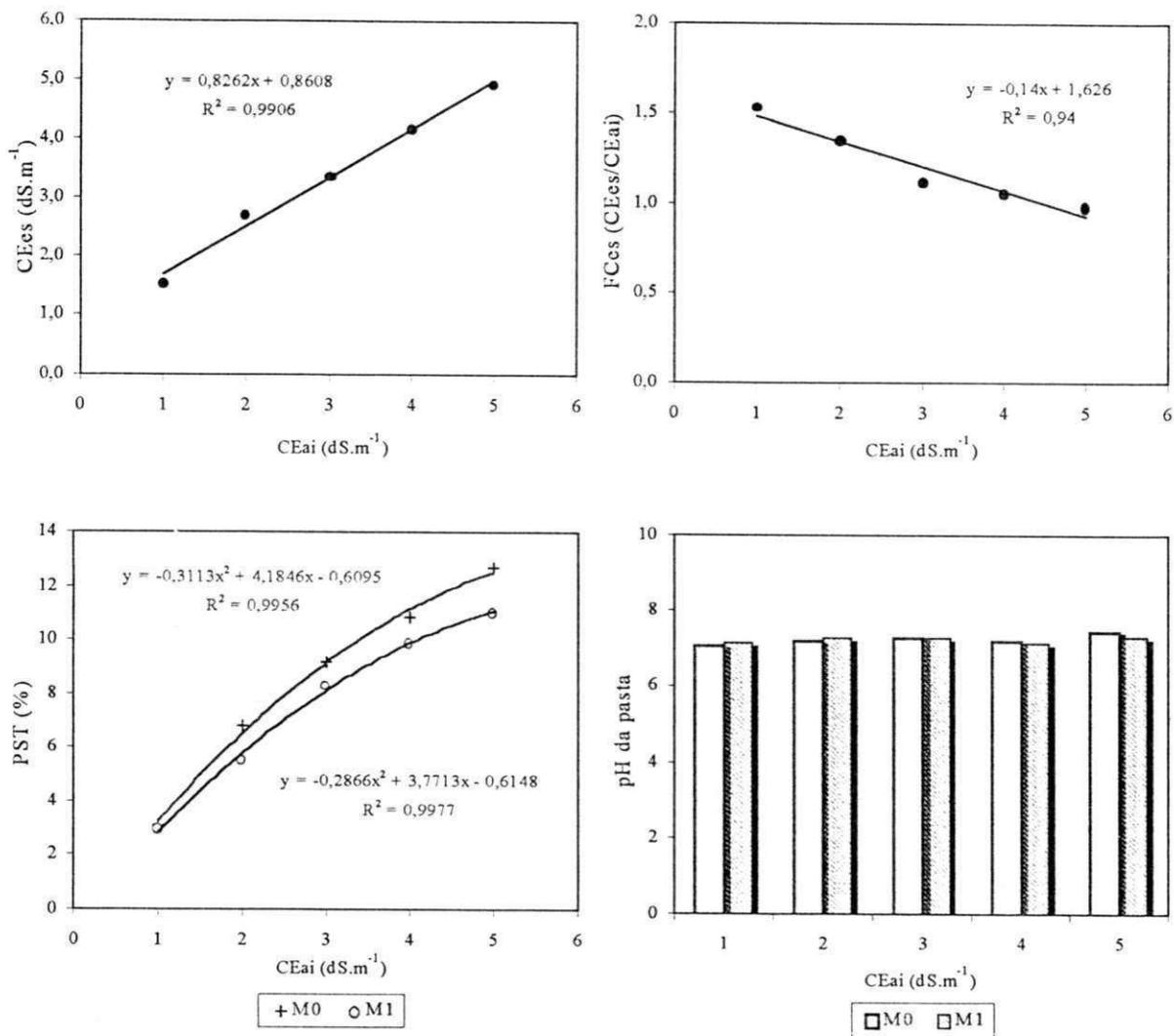


Figura 7 – Condutividade elétrica (CEes) e fator de concentração (FCes) do extrato de saturação, percentagem de sódio trocável (PST) e pH da pasta, pós-colheita, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

4.2.3 - Altura de Plantas (H)

Com base nos resultados obtidos da análise da variância (Tabela 17) houve efeito altamente significativo dos níveis salinos nas 5 épocas de avaliação, indicando que a altura das plantas foi afetada pela salinidade independentemente do tipo de muda. Verifica-se ser a cultivar sensível à salinidade da água de irrigação, diminuindo a altura da parte aérea a partir de N_1 . Os decréscimos verificados baseados nas médias observadas (Tabela 17) entre N_1 e N_5 foram 18,88, 16,68, 11,49, 9,87 e 15,86 % aos 18, 36, 54, 72 e 90 DAT, respectivamente. Percebe-se pelos decréscimos, que a cultivar aumentou a tolerância à salinidade da água até os 72 DAT, quando a diferença de altura entre os tratamentos extremos (1,00 e 5,00 $dS\ m^{-1}$) foi de 9,87 %, entretanto aos 90 DAT (floração), a diferença voltou a crescer, denotando que a planta de arroz apresenta sensibilidade na floração. O fator 'muda' (M) teve efeito significativo a 1 % de probabilidade sobre a altura apenas nas duas primeiras datas, 18 e 36 DAT, quando notou-se que as médias do grupo 'sem estresse' (M_0) foram significativamente maiores que as do grupo 'com estresse' (M_1), diferindo significativamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. A partir de 54 DAT não houve mais efeito do tipo de muda, denotando que as plantas estressadas inicialmente recuperaram-se em altura, com um crescimento mais acelerado. Portanto, as plantas originadas de mudas produzidas em condições de estresse (M_1) recuperaram o crescimento a ponto de não haver diferença significativa a partir dos 54 DAT (Tabela 17).

As curvas de ajustes, obtidas por meio de estudos de regressão e a variação temporal (evolução) da altura em função dos fatores 'N' e 'M' estão representadas na Figura 8, onde nota-se que, durante todo o ciclo as plantas submetidas ao tratamento N_5 tiveram alturas menores. Em geral os modelos matemáticos foram lineares, exceto aos 18 DAT (Figura 8), onde o modelo que melhor se ajustou aos dados foi quadrático, ocorrendo pequeno acréscimo de N_1 (1,00 $dS\ m^{-1}$) até CE_{ai} de 1,60 $dS\ m^{-1}$, que é o ponto de máxima altura (31,65 cm), estando o ponto crítico em 2,19 $dS\ m^{-1}$ (31,47 cm). Os decréscimos, por incremento unitário da CE_{ai} , conforme coeficientes angulares foram 20,433, 15,267, 17,733 e 34,833 mm aos 36, 54, 72 e 90 DAT, respectivamente. Pelos coeficientes de determinação (R^2), constata-se alto grau de associação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e a altura das plantas (Figura 8).

Pearson (1959), em casa de vegetação, observou reduções de 20,00 % na altura, em relação ao desenvolvimento máximo (controle), quando as plantas de arroz foram submetidas ao nível de salinidade da água de 16,00 dS m⁻¹, mostrando-se mais tolerante do que a cultivar em estudo. Em trabalhos desenvolvidos por Datta (1972), com vinte cultivares de arroz sob estresse salino, foi verificado que independente da cultivar, o aumento da concentração salina provocou uma diminuição progressiva no crescimento das plantas, porém sem grande diferença na altura, entre o nível de 4,50 dS m⁻¹ e a testemunha. No presente trabalho, verificou-se, aos 90 DAT, reduções de 15,86 % entre o nível menos salino (1,00 dS m⁻¹) e o mais salino (5,00 dS m⁻¹).

Tabela 17. Resumo da análise de variância e médias para altura de plantas aos 18 (H₁₈), 36 (H₃₆), 54 (H₅₄), 72 (H₇₂) e 90 dias após transplantio (DAT) (H₉₀), em função dos tratamentos estudados.

FV	GL	Quadrados Médios				
		H ₁₈	H ₃₆	H ₅₄	H ₇₂	H ₉₀
N. salino (N)	4	3640,7833**	6518,8000**	3848,1333**	5142,7000**	19222,9500**
Reg. Linear	1	6077,6333**	12525,6333**	6992,1333**	9434,1333**	36400,8333**
Reg. Quadr.	1	1080,2143**	572,0238 ^{NS}	116,6667 ^{NS}	771,4286 ^{NS}	1040,0238 ^{NS}
Desv. Reg.	2	28,8762 ^{NS}	1,5048 ^{NS}	299,6667 ^{NS}	36,4190 ^{NS}	375,0381 ^{NS}
Muda (M)	1	14432,1333**	20856,0333**	50,7000 ^{NS}	2632,0333 ^{NS}	1936,0333 ^{NS}
Inter. (NxM)	4	690,2167 ^{NS}	494,8667 ^{NS}	1160,5333 ^{NS}	643,2000 ^{NS}	925,6167 ^{NS}
Resíduo	20	243,1333	615,9000	902,3000	818,1667	658,3000
CV(%)	-	5,2643	5,4412	5,2038	4,2128	3,3746
		Médias				
Nível salino (N)		.....mm.....				
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		316,0000	489,6667	609,0000	706,0000	815,3333
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		313,3333	481,0000	585,3333	700,3333	810,3333
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		306,0000	463,0000	580,6667	691,0000	770,6667
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		290,3333	440,0000	572,6667	662,3333	720,6667
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		256,3333	408,0000	539,0000	636,3333	686,0000
Muda (M)						
M ₀		318,1333 a	482,4667 a	578,5333 a	688,3333 a	768,3333 a
M ₁		274,2667 b	429,7333 b	573,9333 a	669,6000 a	752,2667 a
DMS		11,8768	18,9030	22,8798	21,7880	19,5429

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

As plantas de arroz, exploradas em ambientes mais salinos, tiveram um porte menor do que aquelas desenvolvidas sob condições menos salinas (Figura 8) e que, em função desta constatação, podem ser exploradas sob condições de maior adensamento. Com uma maior densidade de plantas, poderá haver maior produtividade, aproximando, e, em alguns casos, igualando-se àquela obtida quando cultivado com água de boa qualidade.

Não se verificou interação significativa entre os fatores estudados; os efeitos da salinidade não dependeram do tipo de muda, atuando semelhantemente sobre as plantas oriundas de M_0 e M_1 .

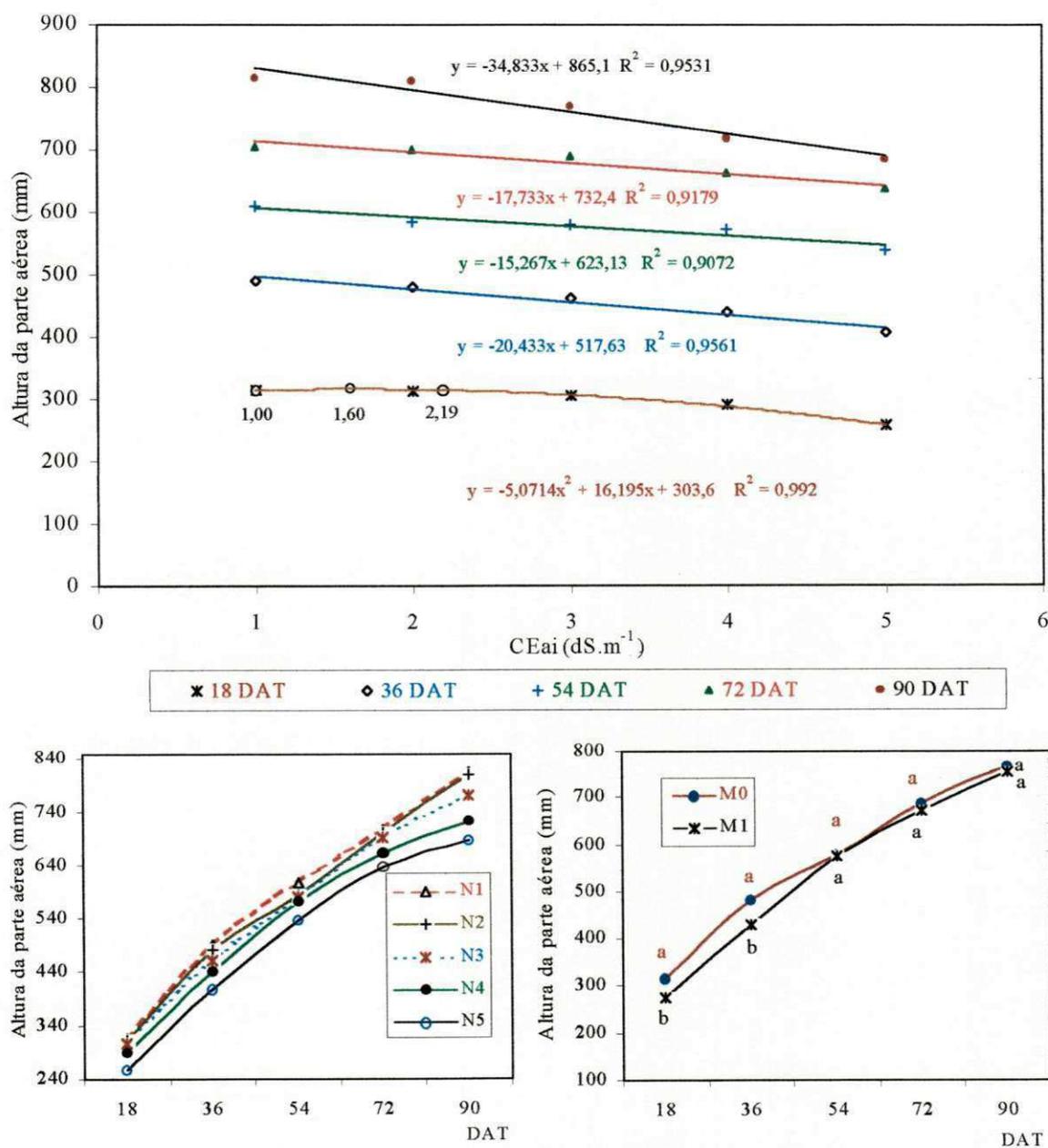


Figura 8 – Altura de plantas em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), e variação temporal em função dos fatores 'N' e 'M'.

4.2.4 - Número de Perfilhos (NPe)

O resumo da análise de variância para o número de perfilhos está apresentado na Tabela 18. O teor salino da água afetou significativamente ($P < 0,01$) o perfilhamento das plantas aos 36, 54, 72 e 90 dias após transplante, o que não se verificou aos 18 DAT.

Tabela 18. Resumo da análise de variância e médias para número total de perfilhos aos 18 (NPe₁₈), 36 (NPe₃₆), 54 (NPe₅₄), 72 (NPe₇₂) e 90 DAT (NPe₉₀), em função dos tratamentos estudados.

FV	GL	Quadrados Médios				
		NPe ₁₈	NPe ₃₆	NPe ₅₄	NPe ₇₂	NPe ₉₀
N. salino (N)	4	0,1428 ^{NS}	82,0833**	71,4667**	157,1333**	62,6333**
Reg. Linear	1	0,0253 ^{NS}	149,6333**	104,5333**	246,5333**	95,4083**
Reg. Quadr.	1	0,1317 ^{NS}	11,5238*	9,5238 ^{NS}	42,0000 ^{NS}	3,7202 ^{NS}
Desv. Reg.	2	0,0183 ^{NS}	1,5048 ^{NS}	14,438 ^{NS}	12,8667 ^{NS}	13,0690 ^{NS}
Muda (M)	1	5,5748**	353,6333**	17,6333*	208,0333**	86,7000**
Inter. (NxM)	4	0,1045 ^{NS}	5,7167 ^{NS}	23,1333 ^{NS}	28,5333 ^{NS}	13,0333 ^{NS}
Resíduo	20	0,0524	3,1667	6,7333	16,8333	8,8000
CV(%)	-	11,5218	13,8663	12,2979	11,9153	7,7185
Médias						
Nível salino (N)	-	-	-	-	-	-
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		2,8333	16,1667	25,1667	38,5000	41,3333
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		3,1667	16,0000	22,5000	38,1667	41,3333
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		3,1667	13,1667	21,8333	34,8333	37,0000
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		2,8333	11,6667	20,1667	34,8333	38,8333
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		2,7667	7,1667	15,8333	25,8333	33,6667
Muda (M)						
M ₀		3,5067 a	16,2667 a	22,4000 a	37,0667 a	40,1333 a
M ₁		2,5067 b	9,4000 b	19,8000 b	31,8000 b	36,7333 b
DMS		0,1743	1,3554	1,9765	3,1251	2,2595

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

O início do perfilhamento, como foi discutido anteriormente (item 4.2.1, Tabela 15), ocorreu entre 12 e 15 dias após o transplante, não havendo diferenças no número de perfilhos na avaliação aos 18 DAT devido à salinidade (Tabela 18). Nos quatro períodos posteriores (36, 54, 72 e 90 DAT) houve efeito significativo a 1 % de probabilidade em primeiro grau (efeito linear), à exceção dos 36 DAT, quando o número de perfilhos foi afetado de forma quadrática (significativa a 5 % de probabilidade). Os decréscimos verificados no número de perfilhos, entre N₁ e N₅ foram 55,67, 37,09, 32,90 e 18,55 %, aos 36, 54, 72 e 90 DAT, sendo o efeito da salinidade da água decrescente com o

tempo, indicando que a planta ganhou tolerância durante a fase de perfilhamento. Resultados semelhantes são encontrados na literatura, pois segundo vários autores (Pearson & Ayers, 1960; IRRI, 1967; Fageria *et al.* 1981), a tolerância de arroz à salinidade aumenta durante a fase vegetativa.

Datta (1972) não observou diferença progressiva na altura de plantas e no número de perfilhos, entre o tratamento controle e $4,50 \text{ dS m}^{-1}$. Neste trabalho, verificou-se por exemplo, que o número final de perfilhos (aos 90 DAT) entre N_1 ($1,00 \text{ dS m}^{-1}$) e N_4 ($4,00 \text{ dS m}^{-1}$) teve um decréscimo de apenas 6,05 %, entretanto, entre N_1 e N_5 , o decréscimo foi de 18,55 %. Segundo relatos de Fageria (1984), na fase vegetativa, a salinidade pouco afeta o número de perfilhos. Fageria *et al.* (1981), estudando o desenvolvimento de cultivares de arroz, em função da salinização do meio, observaram redução no crescimento e no perfilhamento, coloração verde-escura nas folhas, com conseqüente aparecimento de áreas necrosadas e secamento iniciado no ápice da folha, continuando pelas margens, com alguns casos de enrolamento da lâmina foliar. No presente estudo, também foram observados os mesmos sintomas, porém o aparecimento de áreas necróticas e secamento do ápice para as margens, ocorreu em todos os níveis salinos, entretanto com menor intensidade nos níveis menores. Desai *et al.* (1957) verificaram declínio progressivo no número de perfilhos de arroz quando a concentração salina aumentou de 0,2 % ($\text{CEai} \cong 3,13 \text{ dS m}^{-1}$) para 0,5 % ($\text{CEai} \cong 7,82 \text{ dS m}^{-1}$) com efeitos mais marcante na época de verão. Saxena & Pandey (1981) observaram redução significativa no perfilhamento em cultivares de arroz em meio salino, constituído pela mistura de NaCl e CaCl_2 , na proporção 2:1, atingindo 38,90 % sob CEai de $10,00 \text{ dS m}^{-1}$. Campos (1986), também verificou que o número de perfilhos por planta, mesmo sendo uma característica genética, foi reduzido significativamente com a salinidade, tendo observado redução de 34,37 % no número de perfilhos da cultivar IAC 25, quando o potencial osmótico baixou para $-0,40 \text{ MPa}$ (aproximadamente $11,12 \text{ dS m}^{-1}$), entretanto, entre este nível e os potenciais $-0,80$ e $-1,20 \text{ MPa}$, o número de perfilhos não sofreu interferência, permanecendo estável.

O perfilhamento foi influenciado significativamente pelo fator 'muda' (Tabela 18), havendo diferença no número de perfilhos emitidos em função do tipo original de mudas em todas as épocas de avaliação. O número final de perfilhos foi 9,26 % maior nas plantas do grupo M_0 (Tabela 18). Tal como para a altura da parte aérea, não houve

efeito interativo dos fatores (N x M) sobre o número de perfilhos, uma vez que o efeito da salinidade não dependeu do tipo de muda utilizado.

Na Figura 9, estão apresentadas as curvas de regressão significativas bem como a evolução temporal do número de perfilhos em função dos dois fatores, ('nível salino' e 'tipo de muda') estudados. Observa-se, nesta figura, que o número de perfilhos, inicialmente (18 DAT), não teve influência da salinidade, porém a partir daí foi afetado com o incremento da CEai, notadamente sob o nível mais elevado. As plantas originadas de mudas obtidas sem estresse salino ($0,50 \text{ dS m}^{-1}$) produziram maior número de perfilhos em toda a fase de perfilhamento, entre 18 e 90 DAT (Figura 9).

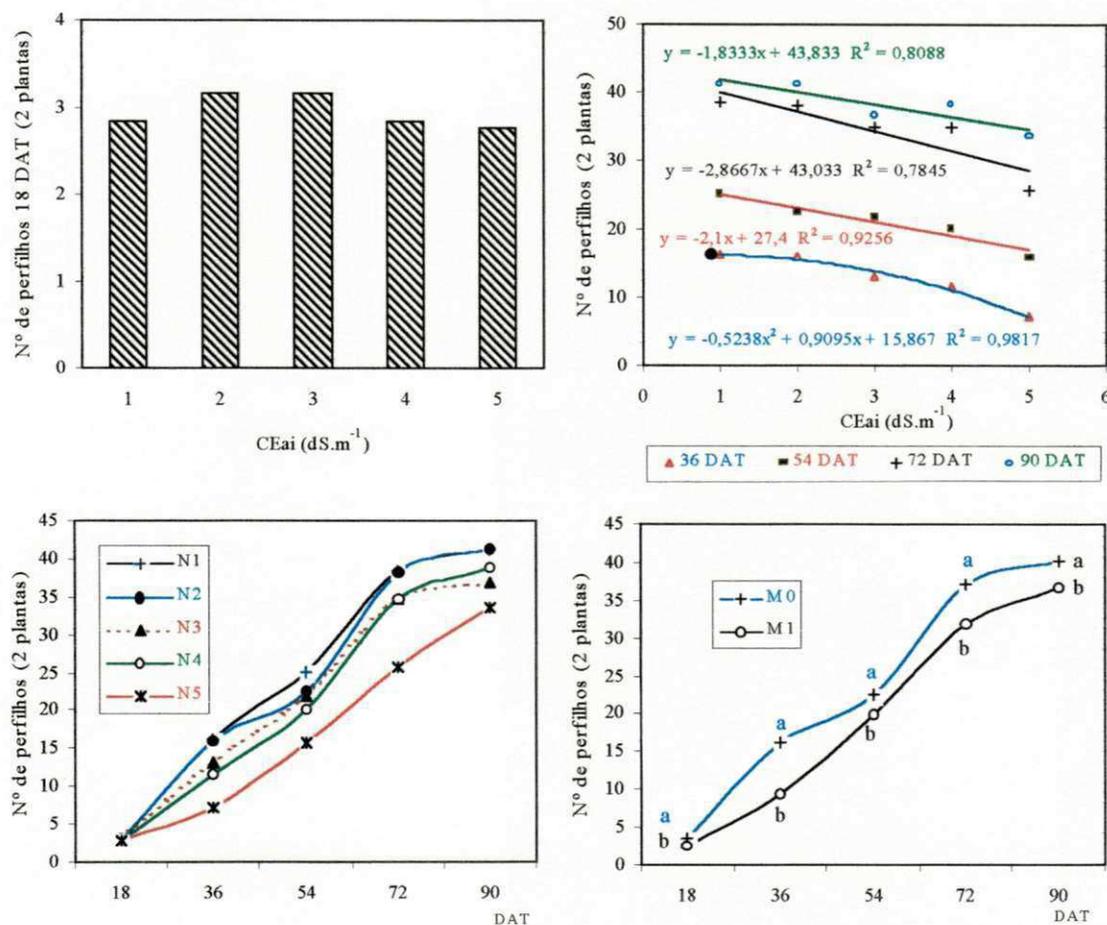


Figura 9 – Número de perfilhos (NPE) em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), e variação temporal em função dos fatores 'N' e 'M'.

Como aos 36 DAT o efeito foi quadrático, o ponto de máximo para o número de perfilhos seria obtido com a CEai de 0,87 dS m⁻¹ (Figura 9) Com base nos coeficientes angulares, aos 54, 72 e 90 DAT, os decréscimos verificados no número de perfilhos foram de 2,10, 2,87 e 1,83 por incremento unitário de CEai (Figura 9).

4.2.5 - Número de Panículas (NPn)

Os resultados das análises estatísticas para esta variável estão na Tabela 19, verificando-se efeito significativo do fator nível salino sobre o número de panículas, nas 5 épocas de avaliação. De acordo com as médias obtidas (Tabela 19), os decréscimos relativos no número de panículas, de N₁ para N₅, foram de 60,00, 55,85, 50,00, 25,65 e 15,71 % aos 90, 98, 106, 114 e 122 DAT, respectivamente. Portanto o efeito da salinidade da água tal como para o número de perfilhos, diminuiu com o tempo, isto é, o número de panículas foi afetado mais no início, (fase de floração) e menos no final (fase de maturação). Resultados semelhantes são encontrados na literatura, pois segundo vários autores (Pearson & Ayers, 1960; IRRI, 1967; Fageria *et al.*, 1981), a tolerância aumenta durante a fase vegetativa, voltando a ser sensível na fase de floração e mais tolerante durante a maturação. Desai *et al.* (1957) também observaram que o perfilhamento e o número de panículas de arroz declinaram progressivamente quando a concentração de sais aumentou de 0,20 % (CEai \cong 3,13 dS m⁻¹) para 0,50 % (CEai \cong 7,82 dS m⁻¹), provocando uma redução linear na produção; os autores citam que a planta de arroz pode tolerar um nível de até 0,20 % de NaCl na água de irrigação. Entretanto, a concentração de 1,00 % (CEai \cong 15,63 dS m⁻¹) é fatal em época chuvosa, sendo que, em época de verão, níveis superiores a 0,30 % (CEai \cong 4,69 dS m⁻¹), mostraram ser altamente tóxicos para a cultura. Pearson (1959), trabalhando em casa de vegetação, verificou que, em relação ao desenvolvimento máximo (tratamento controle), as plantas de arroz sob alto nível salino (CEai = 16,00 dS m⁻¹) tiveram redução de 70,00 % no número de panículas. Na presente pesquisa foi verificada redução de apenas 15,71 % no número final de panículas (122 DAT) nas plantas tratadas com água de CEai de 5,00 dS m⁻¹ em relação àquelas tratadas com CEai de 1,00 dS m⁻¹. Saxena & Pandey (1981) observaram redução significativa no número de panículas em cultivares de arroz em meio salino, constituído pela mistura de NaCl e CaCl₂ na proporção 2:1 e que a redução atingiu 58,30 % sob CEai de 10,00 dS m⁻¹.

Tabela 19. Resumo da análise de variância e médias para número total de panículas, aos 90 (NPn₉₀), 98 (NPn₉₈), 106 (NPn₁₀₆), 114 (NPn₁₁₄) e 122 DAT (NPn₁₂₂), em função dos tratamentos estudados.

FV	GL	Quadrados Médios				
		NPn ₉₀	NPn ₉₈	NPn ₁₀₆	NPn ₁₁₄	NPn ₁₂₂
N. salino (N)	4	1,7205**	415,4667**	229,6167**	69,2833**	25,9167*
Reg. Linear	1	4,8701**	625,6333**	(Desdobr. Tabela 20)	(Desdobr. Tabela 20)	43,2000*
Reg. Quadr.	1	0,0452 ^{NS}	22,8810 ^{NS}			5,3571 ^{NS}
Desv. Reg.	2	0,0400 ^{NS}	15,0762 ^{NS}			1,6381 ^{NS}
Muda (M)	1	0,5291*	258,1333**	124,0333**	40,8333**	20,8333 ^{NS}
Inter. (NxM)	4	0,4500 ^{NS}	19,3000 ^{NS}	46,4500*	39,9167*	14,7500 ^{NS}
Resíduo	20	0,0990	15,4667	11,6000	9,3667	6,8333
CV(%)	-	22,0120	26,0852	13,7890	10,4217	8,6654
Médias						
Nível salino (N)	-	-	-	-	-	-
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		2,6667	24,5000	30,3333	31,8333	31,8333
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		1,3333	18,1667	28,8333	32,0000	32,0000
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		1,3333	13,6667	27,1667	30,1667	30,1667
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		1,0000	9,8333	22,0000	29,1667	30,0000
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		1,0000	4,0000	15,1667	23,6667	26,8333
Muda (M)						
M ₀		1,6667 a	16,6667 a	26,7333 a	30,5333 a	31,0000 a
M ₁		1,3333 b	10,8000 b	22,6667 b	28,2000 b	29,3333 a
DMS		0,2641	2,7282	2,5942	2,3311	1,9911

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

Segundo a Tabela 19, observa-se também efeito significativo do fator 'muda' nas épocas avaliadas e que, segundo o teste de Tukey, as médias do tipo M₀ diferiram significativamente das do tipo M₁, exceto aos 122 DAT (ou 140 DAS), quando não se verificou mais diferença significativa no número de panículas, sugerindo que as plantas que sofreram estresse antes do transplante apresentaram capacidade de recuperação, o que pode ser constatado observando-se a variação no NPn com o tempo (Figura 10). Nessa figura, ficou bem caracterizado que o número de panículas foi severamente afetado pelos níveis salinos e mais intensamente pelo tratamento N₅. Ao se comparar a evolução do número de perfilhos e panículas em função dos níveis salinos (Figuras 9 e 10), verifica-se que o perfilhamento foi afetado com menor intensidade dada à maior proximidade das curvas N₁ e N₅. Entretanto, o número final de panículas foi pouco afetado até o tratamento N₄, comprovando que a planta é tolerante durante a fase de maturação.

Dentre as 5 épocas em que se avaliou o número de panículas, verificou-se interação significativa dos fatores, ao nível de 5 % de probabilidade, aos 106 e 114 DAT

(Tabela 19). Os valores do desdobramento da interação estão apresentados na Tabela 20, e as regressões significativas, na Figura 10. Aos 90 e 98 DAT, a cultivar respondeu linearmente sob efeito da salinidade, ocorrendo reduções de 0,23 e 4,93 panículas para cada incremento unitário da CEai, respectivamente. Aos 106 dias após transplântio, observou-se que as plantas originadas de mudas produzidas sob estresse salino (M_1), foram mais afetadas pelos efeitos da salinidade da água, notadamente sob os níveis N_4 e N_5 e, que o ponto de máximo deu-se em $1,46 \text{ dS m}^{-1}$ (30,14 panículas) e o crítico em $1,93 \text{ dS m}^{-1}$ (29,77 panículas). As plantas do grupo M_0 tiveram o número de panículas reduzido linearmente, 2,17 panículas para cada dS m^{-1} de CEai. Verificou-se aos 114 DAT semelhantemente aos 106, resposta linear e quadrática para os respectivos grupos M_0 e M_1 , com efeitos mais severos sobre M_1 , entretanto menores que aos 106 DAT, já que os pontos de máximo e crítico observados para a curva M_1 foram maiores, da ordem de $2,16 \text{ dS m}^{-1}$ (32,77 panículas) e $3,32 \text{ dS m}^{-1}$ (30,50 panículas). As plantas do grupo M_0 , sofreram redução de 1,00 panícula para cada unidade de CEai (dS m^{-1}). O número final de panículas obtido aos 122 DAT, resultou como resposta linear aos efeitos da salinidade da água de irrigação com redução de 1,20 panículas para cada incremento unitário da condutividade elétrica da água, segundo o coeficiente angular (Figura 10).

Ainda, na Tabela 20, nota-se que, aos 106 e 114 DAT, houve redução no número de panículas de 29,35 e 11,22 % dentro de M_0 , enquanto que dentro de M_1 os decréscimos verificados foram 71,11 e 40,86 % para as respectivas épocas. As médias ' M_0 ', aos 106 DAT, só diferiram das médias ' M_1 ' dentro de N_4 e N_5 e, aos 114 DAT, diferença significativa só foi verificada dentro do último nível (N_5), portanto, com recuperação na emissão de panículas, quando as plantas se originaram de mudas formadas sob condições de estresse.

Tabela 20. Desdobramento das interações significativas e médias para número de panículas aos 106 e 114 DAT (NPn₁₀₆, NPn₁₁₄).

FV	Quadrados Médios	
	NPn ₁₀₆	NPn ₁₁₄
N em M₀		
Reg. Linear	140,8333**	30,0000*
Reg. Quadr.	4,0238 ^{NS}	1,5238 ^{NS}
Desv. Repr.	0,7048 ^{NS}	1,1048 ^{NS}
Resíduo	8,0667	4,8000
CV	10,6241	7,1754
N em M₀		
	Médias	
	-	
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)	30,6667	32,6667
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)	28,6667	32,0000
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)	27,6667	29,6667
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)	25,0000	29,3333
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)	21,6667	29,0000
N em M₁		
Reg. Linear	832,1333**	240,8333**
Reg. Quadr.	123,4286*	120,0238*
Desv. Repr.	1,2190 ^{NS}	9,1048 ^{NS}
Resíduo	15,1333	13,9333
CV	17,1625	13,2367
N em M₁		
	Médias	
	-	
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)	30,0000	31,0000
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)	29,0000	32,0000
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)	26,6667	30,6667
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)	19,0000	29,0000
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)	8,6667	18,3333
M em N₁		
M ₀	30,6667 a	32,6667 a
M ₁	30,0000 a	31,0000 a
M em N₂		
M ₀	28,6667 a	32,0000 a
M ₁	29,0000 a	32,0000 a
M em N₃		
M ₀	27,6667 a	29,6667 a
M ₁	26,6667 a	30,6667 a
M em N₄		
M ₀	25,0000 a	29,3333 a
M ₁	19,0000 b	29,0000 a
M em N₅		
M ₀	21,6667 a	29,0000 a
M ₁	8,6667 b	18,3333 b
DMS	5,8008	5,2126

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probab. pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

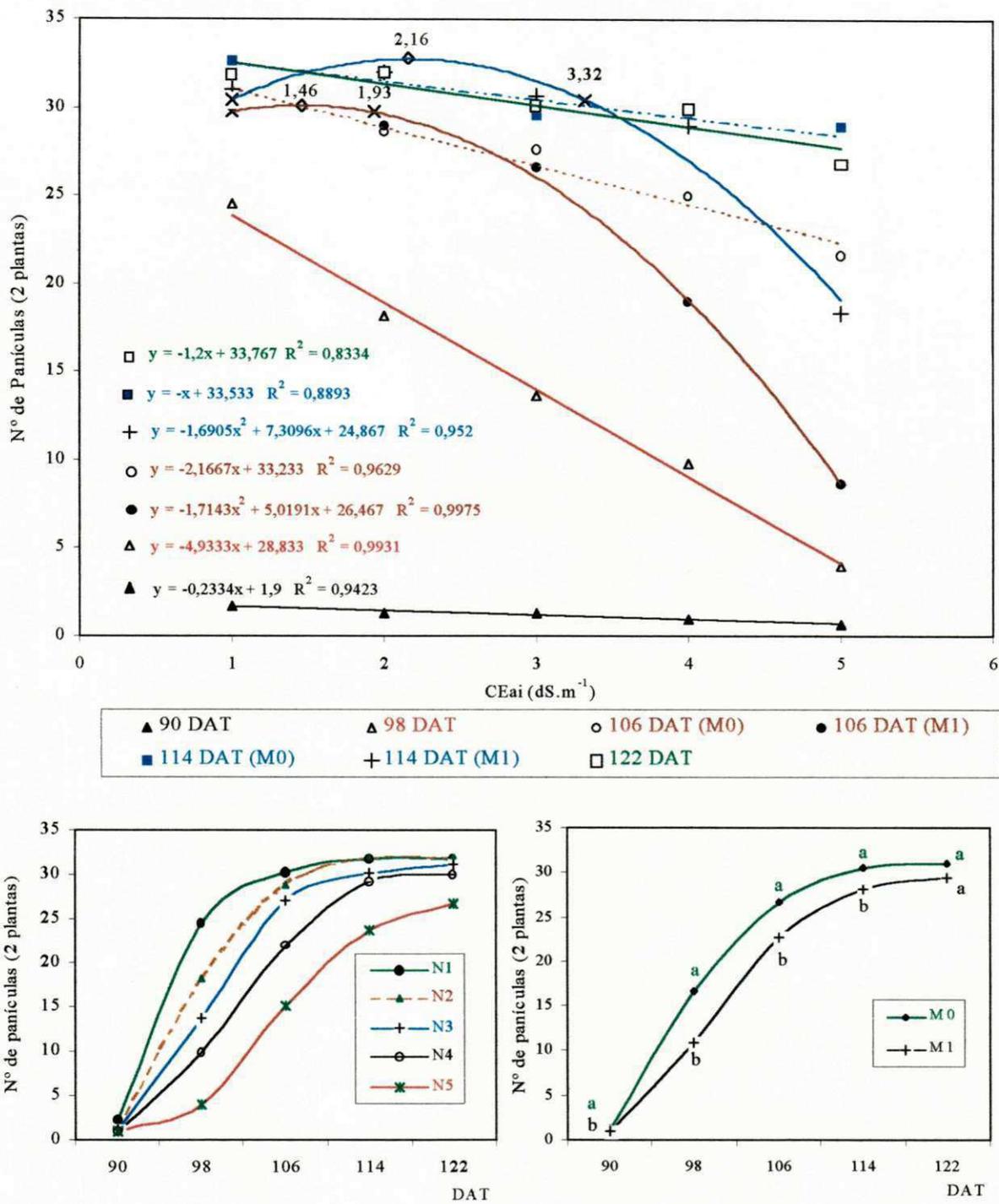


Figura 10 – Número de panículas (NPN) em cinco épocas diferentes, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), e variação temporal em função dos fatores 'N' e 'M'.

4.2.6 - Componentes da Panícula

Os resultados das análises dos componentes da panícula estão apresentados na Tabela 21. Verifica-se que a produção de mudas com estresse não teve influência sobre os componentes da panícula (as médias não diferiram significativamente entre si pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade) e que o efeito da salinidade da água de irrigação variou de componente para componente; havendo reduções significativas no número de grãos cheios (Gche), no comprimento da panícula (LP), no número de ramificações (NRP) e na fitomassa da panícula (FP) e não houve efeito da salinidade sobre o número de grãos chochos (Gcho) e densidade da panícula (DP). Em parte, estes resultados estão de acordo com os obtidos por Pearson (1961) e Fageria *et al.* (1981), pois, segundo estes autores, o efeito mais danoso da salinidade é na panícula, porque reduz o comprimento, o número de espiguetas e a percentagem de grãos cheios. As plantas originadas de mudas produzidas sob condições de estresse (M_1) demonstraram capacidade de recuperação, produzindo resultados semelhantes aos das plantas obtidas a partir de mudas sem estresse (M_0).

Grãos Chochos por Panícula (Gcho)

Analisando-se os dados dessa variável, percebe-se que não houve efeito significativo dos fatores estudados (N e M), pois o número médio de grãos chochos não variou significativamente entre os níveis salinos e as plantas originadas de mudas sem estresse (6,95) não diferiu daquelas com estresse (6,36). As médias observadas dessa variável apresentadas na Tabela 21, estão também representadas graficamente na Figura 11. O número de grãos chochos por panícula correspondente em termos percentuais em relação ao total foi de 5,09, 6,15, 6,17, 5,15 e 6,01 % para os respectivos tratamentos N_1 , N_2 , N_3 , N_4 e N_5 . Percebe-se então, que a salinidade também não afetou a percentagem de grãos chochos. Esses resultados podem ser consequência do fato de as plantas terem sido adequadamente adubadas.

Grão Cheios por Panícula (Gche)

A salinidade da água de irrigação exerceu efeito significativo a 1 % de probabilidade, sobre esta variável, pois o número de grãos cheios por panícula sofreu redução linear com o incremento da salinidade. Os decréscimos verificados, com base nas médias contidas na Tabela 21, relativos a N_1 (1,00 dS m^{-1}) foram 9,22, 6,69, 11,96 e

15,99 % para os demais níveis salinos crescentes. Segundo Pearson (1961) e Fageria *et al.* (1981) a salinidade reduz o número de espiguetas e a percentagem de grãos cheios. Nesta pesquisa, os percentuais de grãos cheios, em relação ao número total de grãos, foram de 94,91, 93,85, 93,83, 94,85 e 93,99 % para N₁, N₂, N₃, N₄ e N₅, respectivamente. Portanto a percentagem de grãos cheios, ao contrário do número de grãos cheios, não foi afetada pela salinidade da água de irrigação.

O fator 'muda' não interferiu significativamente sobre o número de grãos cheios. As plantas oriundas de condições de estresse salino 'M₁' demonstraram capacidade de recuperação, produzindo grãos cheios tanto quanto aquelas sem estresse 'M₀', ou seja, as condições de estresse impostas quando da formação da muda não tiveram qualquer influência sobre o número de espiguetas cheias por panícula.

Tabela 21. Resumo da análise de variância e médias para número de grãos chochos (Gcho), número de grãos cheios (Gche), comprimento médio (LP), densidade média (DP), número de ramificações (NRP) e fitomassa seca (FP) da panícula, em função dos fatores estudados.

FV	GL	Quadrados Médios					
		Gcho	Gche	LP	DP	NRP	FP
N. salino (N)	4	1,3895 ^{NS}	299,6788**	1694,2905 ^{NS}	0,0022 ^{NS}	0,8608*	0,6819**
Reg. Linear	1	0,1688 ^{NS}	501,8430**	2378,9708**	0,0018 ^{NS}	1,2608*	1,3344**
Reg. Quadr.	1	0,3172 ^{NS}	1,9286 ^{NS}	861,7872*	0,0005 ^{NS}	0,0101 ^{NS}	0,0002 ^{NS}
Desv. Reg.	2	1,1345 ^{NS}	47,4184 ^{NS}	73,9115 ^{NS}	0,0008 ^{NS}	0,2254 ^{NS}	0,0128 ^{NS}
Muda (M)	1	2,5813 ^{NS}	0,1613 ^{NS}	102,6750 ^{NS}	0,0003 ^{NS}	0,1470 ^{NS}	0,0015 ^{NS}
Inter. (NxM)	4	0,1205 ^{NS}	7,2188 ^{NS}	871,7692 ^{NS}	0,0003 ^{NS}	0,3028 ^{NS}	0,0069 ^{NS}
Resíduo	20	1,5387	36,1250	616,1540	0,0008	0,2520	0,0243
CV(%)	-	18,6437	5,5880	10,4088	6,3408	4,5705	5,6624
Médias							
Nível salino (N)				mm	grãos mm ⁻¹	-	g
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		6,3167	117,9000	248,4833	0,4733	11,4667	3,2053
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		7,0167	107,0333	250,4167	0,4300	10,9167	2,8883
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		7,2333	110,0167	244,4833	0,4500	11,2500	2,7967
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		5,6333	103,8000	239,6667	0,4333	10,7667	2,5433
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		6,3333	99,0500	209,3333	0,4730	10,5167	2,3233
Muda (M)							
M ₀		6,9467 a	107,4867 a	240,3267 a	0,4473 a	11,0533 a	2,7447 a
M ₁		6,3600 a	107,6333 a	236,6267 a	0,4546 a	10,9133 a	2,7587 a
DMS		0,9448	4,5780	18,9069	0,0214	0,3824	0,1187

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F. * Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

Verificou-se ausência de interação entre os fatores, indicando que o efeito da salinidade da água de irrigação sobre o número de grãos cheios não dependeu do tipo de muda. O modelo

matemático obtido está apresentado na Figura 11. Segundo o coeficiente angular da equação matemática, ocorreu uma redução média de 4,09 grãos cheios por panícula por incremento unitário da CEai.

Comprimento da Panícula (LP)

Os fatores 'nível salino' (N) e 'muda' (M) não apresentarem efeito e nem interação significativa para esta variável, entretanto, ao se trabalhar com os valores médios entre M_0 e M_1 , verificou-se uma tendência a efeito quadrático significativo, a 5 % de probabilidade, de modo que ocorreu diminuição do comprimento da panícula com o aumento da salinidade da água de irrigação, notadamente sob o nível 5 ($5,00 \text{ dS m}^{-1}$) que, comparado ao nível 1 ($1,00 \text{ dS m}^{-1}$), apresentou comprimento 15,76 % menor (Tabela 21). A curva de regressão quadrática está representada na Figura 11. Os níveis mais baixos beneficiaram o comprimento da panícula com o ponto de máximo comprimento sob $2,02 \text{ dS m}^{-1}$ (251,91 mm) e o ponto crítico em $3,03 \text{ dS m}^{-1}$ (247,26 mm). Entre o ponto de máximo, $2,02 \text{ dS m}^{-1}$ e $5,00 \text{ dS m}^{-1}$ (211,61 mm), ocorreu um decréscimo de 16,00 %. Pela Figura 11, observa-se que o comprimento da panícula só foi afetado com CEai superior a $3,00 \text{ dS m}^{-1}$. Entretanto, Pearson (1961) e Fageria *et al.* (1981) verificaram que o efeito mais danoso da salinidade é sobre a panícula, por reduzir o seu comprimento.

Densidade da Panícula (DP)

A densidade da panícula que reflete a distribuição média das espiguetas ou grãos cheios ao longo da panícula (relação número de grãos cheios/comprimento) não foi influenciada pela salinidade da água, ou seja, as espiguetas cheias foram semelhantemente distribuídas ao longo da panícula sob todos os níveis. O fator 'muda' também não teve efeito significativo sobre a DP e nem efeito interativo com a salinidade, portanto o efeito dos sais sobre a densidade da panícula também não variou com o tipo de muda. As médias relatadas na Tabela 21 estão apresentadas na Figura 11 sob forma de histograma. Não foram encontrados na literatura resultados de pesquisa a respeito dos efeitos de salinidade sobre a densidade de panícula, entretanto, Gomes (1998), estudando o efeito de diversos produtos de procedência orgânica na recuperação de um solo salino-sódico, cultivado com arroz, verificou diferença significativa na densidade de panícula e decrescendo no sentido dos tratamentos esterco de curral, casca de arroz, vinhaça e testemunha.

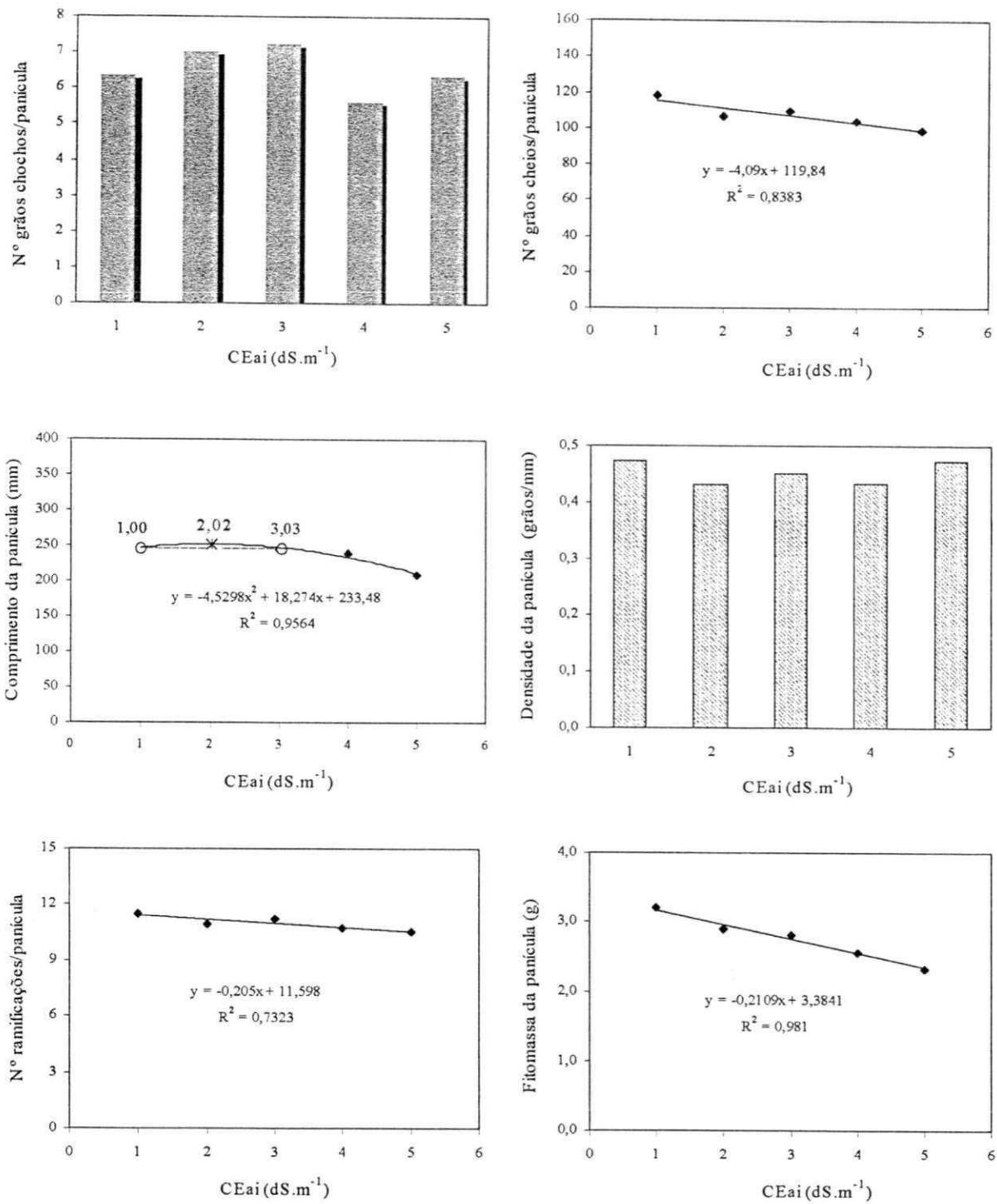


Figura 11 – Componentes da panícula em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Número de Ramificações Primárias por Panícula (NRP)

Observa-se que o fator 'nível salino' afetou o número de ramificações primárias ao nível de 5 % de probabilidade (Tabela 21). O NRP diminuiu linearmente com o incremento da salinidade; em relação a N_1 e, com base nas médias contidas na Tabela 21, verificaram-se decréscimos de 4,80, 1,89, 6,10 e 8,28 %, para os demais níveis salinos crescentes. Entretanto, com base nesses decréscimos, observa-se que o efeito da salinidade não foi tão intenso. Segundo o coeficiente angular do modelo matemático obtido, apresentado na Figura 11, houve uma redução de 0,205 ramificações primárias por panícula por incremento unitário da CEai. O fator 'muda' não teve efeito significativo sobre o número de ramificações (as médias dos dois grupos de mudas não diferiram significativamente entre si). Também não se verificou interação significativa dos fatores estudados.

Fitomassa Seca da Panícula (FP)

O peso da matéria seca da panícula como consequência da diminuição do número de grãos cheios (Gche), do comprimento da panícula (LP) e do número de ramificações (NRP), também foi afetado pela salinidade da água, ao nível de 1 % de probabilidade (Tabela 21). A fitomassa média da panícula diminuiu linearmente com o incremento da salinidade; as reduções relativas entre o tratamento N_1 (1,00 dS m^{-1}) e os demais, com base nas médias observadas, apresentadas na Tabela 21, foram de 9,89, 12,75, 20,65 e 27,52 %. Assim, com base nesses decréscimos, percebe-se que entre os componentes da panícula, o peso médio foi o mais afetado. Verifica-se, na Figura 11 que a fitomassa seca foi reduzida em aproximadamente 0,211 g por aumento unitário de CEai, conforme coeficiente angular da equação de ajuste. Ainda na Tabela 21, nota-se que o fator 'nível salino' não teve efeito interativo com o fator 'muda' e que este não teve qualquer influência sobre o peso da panícula, pois as médias foram praticamente iguais, não diferindo entre si pelo teste F, a 5 % de probabilidade.

4.2.7 - Fitomassa Seca da Palha (FPL)

A fitomassa seca da palha (parte aérea, exceto panículas) sofreu efeito linear significativo a 1 % de probabilidade do fator 'nível salino' (Tabela 22). Observaram-se os seguintes decréscimos entre N_1 e os demais tratamentos, 9,34, 16,92, 16,83 e 32,42 %, com a maior redução no nível de CEai de 5,00 dS m⁻¹. Pearson (1959), em casa de vegetação, verificou que, em relação ao tratamento controle, as plantas de arroz submetidas ao nível salino mais elevado (16,00 dS m⁻¹) tiveram reduções de 55,00 % no peso das folhas. Campos (1986) observou aos 33 DAT, efeito significativo sobre a matéria seca da lâmina foliar (cultivar IAC 25); com relação ao tratamento controle (0,00 MPa), as reduções foram da ordem de 48,85 % para - 0,40 MPa (CEai \cong 11,12 dS m⁻¹), 58,29 % para - 0,80 MPa (CEai \cong 22,24 dS m⁻¹) e 65,90 % para - 1,20 MPa (CEai \cong 33,36 dS m⁻¹).

Em relação ao fator 'muda', notou-se que este foi significativo a 5 % de probabilidade, tendo a média M_0 (62,27 g) diferido significativamente de M_1 (58,13 g). Portanto, as plantas oriundas de mudas produzidas sob condições mais adversas de estresse salino (8,50 dS m⁻¹) apresentaram 6,64 % a menos em fitomassa seca de palha. Não se verificou interação significativa entre os fatores em estudo, logo os níveis salinos (N) e os tipos de mudas (M) afetaram a fitomassa da palha de forma isolada. A curva de regressão significativa está apresentada na Figura 12, onde nota-se que houve um decréscimo de cerca de 5,13 g por incremento unitário de CEai. Os resultados dessa variável são coerentes com os observados para a altura da parte aérea e perfilhamento (itens 4.2.3 e 4.2.4), pois como foi observado, à medida que se aumentava o nível salino, ocorria um decréscimo linear na altura e no número de perfilhos.

4.2.8 - Fitomassa Seca de Raízes (FSR) e da Parte Aérea (FSPA)

A salinidade reduziu linearmente as duas partes da planta (Tabela 22). Os decréscimos das fitomassas entre N_1 e os demais níveis salinos (N_2 , N_3 , N_4 e N_5) foram de 10,58, 27,47, 32,71 e 48,36 % para as raízes e de 9,15, 17,30, 20,18 e 33,75 % para a parte aérea. Portanto, as raízes foram afetadas de forma mais severa do que a parte aérea. É provável que as raízes, estando em contato direto com a água salina, sofra mais os efeitos dos sais. Bari *et al.* (1973), também verificaram que a parte aérea do arroz é mais tolerante

do que a raiz. Por outro lado, resultados contrastantes foram obtidos por Fageria (1992), citado por Fageria & Gheyi (1997), em que o peso da matéria seca da parte aérea (média de 91 cultivares) foi mais afetado do que o peso da matéria seca das raízes, entretanto, ambas as partes só sofreram reduções a partir de 5,00 dS m⁻¹. Segundo Bernstein (1975), as raízes são diretamente expostas aos ambientes salinos, mas seu crescimento é menos afetado que a parte aérea. Campos (1986) observou redução crescente no peso da matéria seca da cultivar de arroz IAC 25, com efeito mais marcante sobre a parte aérea, resultante do decréscimo no potencial osmótico da solução nutritiva por ação do NaCl. Os decréscimos verificados aos 33 DAT, entre o controle e os potenciais - 0,40 (CEai ≅ 11,12 dS m⁻¹), - 0,80 (CEai ≅ 22,24 dS m⁻¹) e - 1,20 MPa (CEai ≅ 33,36 dS m⁻¹), foram 40,77, 51,53 e 54,62 % para a raiz e, 49,37, 61,36 e 66,03 % para a parte aérea.

Tabela 22. Resumo da análise de variância e médias para fitomassa seca da palha (FPL), das raízes (FSR) e da parte aérea (FSPA), relação raiz parte aérea (R/PA), peso de 100 grãos (P₁₀₀) e rendimento de grãos (RG), em função dos fatores estudados.

FV	GL	Quadrados Médios					
		FPL	FSR	FSPA	R/PA	P ₁₀₀	RG
N. salino (N)	4	428,1057**	94,9878**	2329,9385**	0,0009**	0,1296**	679,2317**
Reg. Linear	1	789,3018**	186,7009**	4510,4541**	0,0021**	0,2466**	1333,8667**
Reg. Quadr.	1	2,5064 ^{NS}	0,0219 ^{NS}	6,6482 ^{NS}	0,0000 ^{NS}	0,0002 ^{NS}	0,8802 ^{NS}
Desv. Reg.	2	32,1541 ^{NS}	1,6233 ^{NS}	71,2839 ^{NS}	0,0000 ^{NS}	0,0069 ^{NS}	11,8916 ^{NS}
Muda (M)	1	128,3815*	13,1341 ^{NS}	362,8945 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	0,0023 ^{NS}	59,3613 ^{NS}
Inter. (NxM)	4	39,9193 ^{NS}	1,2566 ^{NS}	117,3614 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	0,0067 ^{NS}	17,9379 ^{NS}
Resíduo	20	28,0845	4,7880	130,3045	0,0001	0,0045	46,2916
CV(%)	-	8,8030	13,6303	8,7112	9,8328	2,7365	10,1903
Médias							
Nível salino (N)		g.....g.....		-	g.....g.....		
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		70,9133	20,9900	156,1400	0,1367	2,6067	80,6200
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		64,2900	18,7700	141,8600	0,1333	2,5900	73,4000
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		58,9133	15,2233	129,1267	0,1200	2,4500	64,8133
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		58,9767	14,1233	124,6300	0,1167	2,3233	62,0733
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		47,9233	10,8400	103,4467	0,1033	2,2867	52,9433
Muda (M)							
M ₀		62,2693 a	16,6480 a	134,5167 a	0,1220 a	2,4400 a	68,1740 a
M ₁		58,1320 b	15,3247 a	127,5607 a	0,1187 a	2,4573 a	65,3607 a
DMS		4,0365	1,6597	8,6947	0,0090	0,0510	5,1824

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

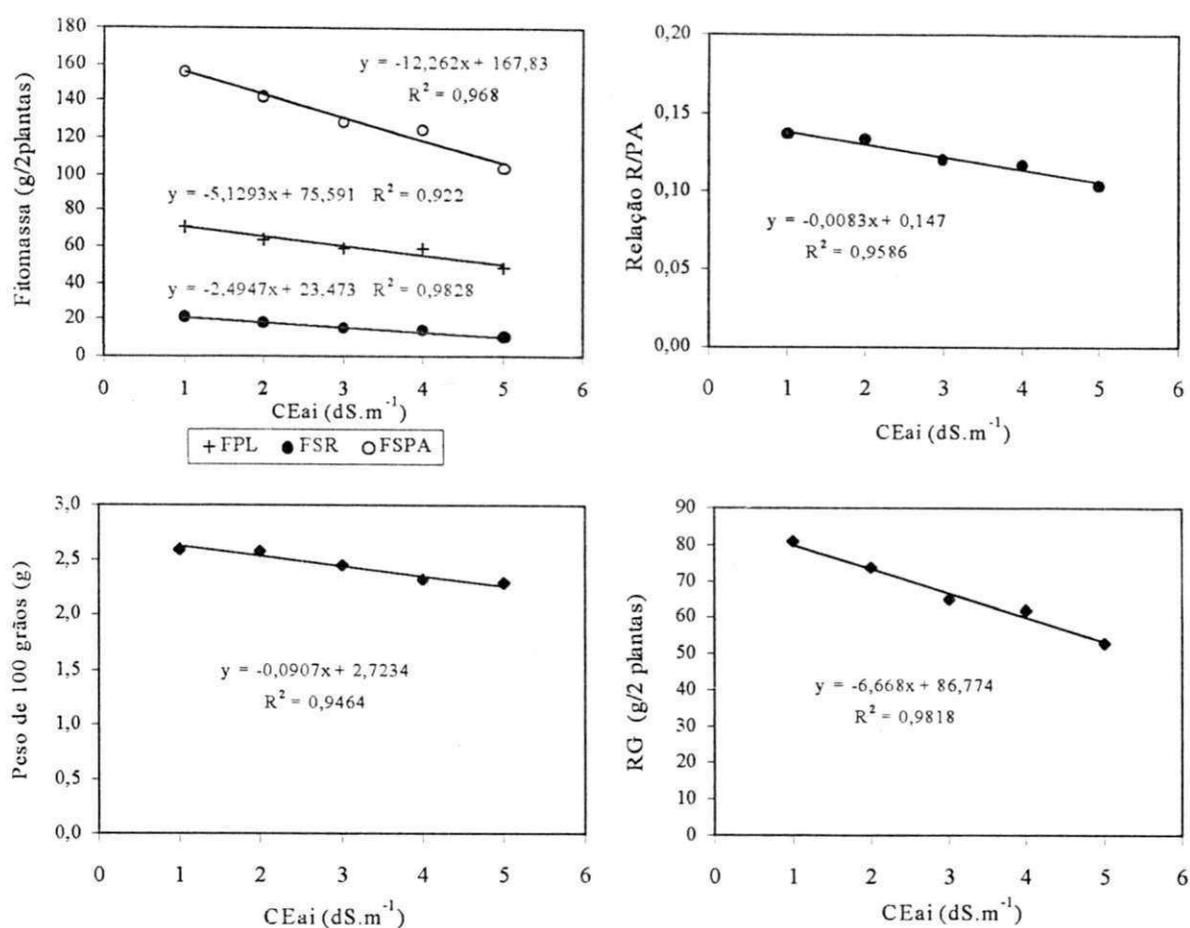


Figura 12 – Fitomassa seca da palha (FPL), das raízes (FSR) e total da parte aérea (FSPA), relação raiz parte aérea (R/PA), peso de 100 grãos (P_{100}) e rendimento de grãos (RG), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}).

As fitomassas secas da raiz e da parte aérea foram reduzidas segundo modelo matemático linear (Figura 12). Conforme o coeficiente angular das equações de regressão, em termos de matéria seca, ocorreu um decréscimo de 2,49 e 12,26 g para cada $dS\ m^{-1}$ nas raízes e na parte aérea, respectivamente.

Não se verificou efeito interativo dos fatores e nem efeito isolado do fator ‘muda’, pois segundo o teste F a 5 % de probabilidade, as médias não diferiram significativamente entre si (Tabela 22). Infere-se portanto, que as mudas formadas sob estresse salino apresentaram recuperação da matéria seca das raízes e da parte aérea.

4.2.9 - Relação Raiz Parte Aérea (R/PA)

Os resultados desta avaliação, estão coerentes com os dados que lhes deram origem. A relação raiz parte aérea foi significativamente afetada pelo fator 'nível salino' ao nível de 1 % de probabilidade, mas não sofreu efeito significativo do fator 'muda', pois as médias M_0 e M_1 foram muito parecidas, não diferindo estatisticamente entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade. Segundo resumo das análises estatísticas apresentado na Tabela 22, não se verificou interação significativa entre os fatores em estudo, tendo o efeito do fator 'nível salino' (N) ocorrido isoladamente, independente do fator 'muda' (M). Como os dois parâmetros diminuíram com o aumento da salinidade e as raízes foram mais afetadas (item 4.2.8), a relação R/PA diminuiu com os níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. Tomando-se como base as médias apresentadas na Tabela 22, verifica-se que a R/PA decresceu de N_1 para os respectivos níveis salinos N_2 , N_3 , N_4 e N_5 em 2,49, 12,22, 14,63 e 24,43 %. Pode-se dizer que a fitomassa seca das raízes correspondeu em média a 13,67, 13,33, 12,00, 11,67 e 10,33 % da fitomassa seca da parte aérea, respectivamente, para os 5 níveis salinos crescentes. O modelo de regressão significativo para a relação R/PA está apresentado na Figura 12. A redução pode estar ligada ao efeito tóxico mais acentuado sobre o sistema radicular, pelo fato dessa parte da planta permanecer em contato direto com a salinidade da água. Resultados semelhantes foram obtidos por Bari *et al.* (1973), indicando que a parte aérea do arroz foi mais tolerante à salinidade do que as raízes, resultando em decréscimos na relação R/PA com o aumento da salinidade. Entretanto, conforme Bernstein (1975), as raízes embora expostas aos ambientes salinos, seu crescimento é menos afetado do que a parte aérea; Campos (1986) verificou reações sensíveis na parte aérea, em termos de redução no peso da matéria seca e aumento da relação R/PA na cultivar de arroz IAC 25. O aumento da relação R/PA, segundo Ludlow & Muchov (1990), é uma tentativa das raízes da planta em explorar maior volume de solo.

Assim, nesse experimento, com base nas discussões anteriores, parece evidente além do efeito osmótico, também, o efeito tóxico por sódio, contribuindo para a redução do crescimento das plantas com o incremento da salinidade, notadamente em nível radicular, o que levou à redução da R/PA. Flowers & Yeo (1981) observaram grandes variações no conteúdo de sódio nos tecidos de todas as cultivares de arroz estudadas. Segundo o IRRI (1994), a diferença entre cultivares tolerantes à salinidade pode estar associada ao baixo teor de absorção e à acumulação de Na^+ ou Cl^- em toda a planta ou na

parte aérea e que, nas cultivares tolerantes, o teor de Na^+ na parte aérea é muito menor que nas cultivares suscetíveis.

4.2.10 - Peso de 100 Grãos (P_{100})

Conforme resultados da análise estatística apresentados na Tabela 22, os níveis salinos da água de irrigação afetaram significativamente o peso de 100 grãos. Pelos dados verifica-se redução linear significativa, a 1 % de probabilidade, com o aumento da salinidade da água. Os decréscimos, relativos a N_1 foram 0,64, 6,01, 10,87 e 12,28 % nos tratamentos N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , respectivamente. Nota-se, na Tabela 22, que não houve efeito significativo do fator 'muda', isto é, o fato da muda ser obtida em condições de estresse salino não teve qualquer influência sobre o peso dos grãos e a indução de estresse salino na fase de produção de mudas não afeta o peso de 100 grãos quando comparado a plantas oriundas de mudas produzidas sem estresse. Também não foi verificado efeito interativo ($N \times M$), o que implica em afirmar que a salinidade da água reduziu o peso dos grãos de forma semelhante tanto das plantas ' M_0 ' como das plantas ' M_1 '. O efeito da CEai sobre o peso de 100 grãos está apresentado graficamente na Figura 12, onde percebe-se que a partir de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ (N_3), os efeitos foram mais adversos. Pan (1964) relatou que o peso de 1000 grãos de arroz diminuiu e influenciou na qualidade dos grãos.

UFCG - BIBLIOTECA

4.2.11 - Rendimento de Grãos (RG) e Rendimento Relativo (RR)

Na Tabela 22, verifica-se que o rendimento médio de grãos foi afetado linearmente, a 1 % de probabilidade, pelos níveis de salinidade. Em relação ao primeiro tratamento (N_1) foram verificados decréscimos progressivos de 8,96, 19,61, 23,01 e 34,33 % para os sucessivos tratamentos. Com base em resultados obtidos em casa de vegetação, Pearson (1959) observou reduções de 75,00 % no rendimento de grãos e 95,00 % no peso dos grãos trilhados quando as plantas de arroz foram irrigadas com água de CE de $16,00 \text{ dS m}^{-1}$. A cultivar 'Formoso' pode ser considerada tolerante até CEai igual a $3,00 \text{ dS m}^{-1}$, por ter apresentado redução da produção inferior a 20,00 % (Fageria, 1985).

Assim como para o peso de 100 grãos, não foi detectado efeito significativo do fator 'muda', não havendo diferença significativa entre as médias dos dois grupos segundo teste F a 5 % de probabilidade, embora a média geral do grupo 'sem estresse' (M_0) tenha superado em 4,30 % a média do grupo com estresse (M_1). Fica evidenciado que o estresse salino pelo qual as plantas M_1 passaram na fase de produção de mudas foi superado ao longo do ciclo, não havendo diferença estatística entre M_0 e M_1 . Portanto, a produção de grãos não teve influência marcante deste fator, o que pode ser vantajoso sob o ponto de vista da utilização de águas salinas para produção de mudas. Também não se constatou interação significativa entre os tratamentos estudados, os efeitos dos fatores 'N' e 'M' ocorreram isoladamente.

Na Figura 12 está apresentado o modelo matemático, representando a resposta (rendimento de grãos) da cultivar à salinidade da água de irrigação. Pelo coeficiente da equação de ajuste, houve uma queda de produção de 6,67 g por incremento unitário da CE_{ai} (dS m^{-1}).

Está apresentado na Tabela 23 o resultado de um estudo comparativo do Rendimento Relativo (RR) obtido neste experimento com o indicado por Maas & Hoffman (1977). Como já foi observado na Tabela 22 e discutido, ocorreu queda de produção a partir do nível mais baixo de salinidade da água, N_1 ($1,00 \text{ dS m}^{-1}$) e no final do experimento, a CE_{es} correspondente a esse nível foi $1,53 \text{ dS m}^{-1}$ (item 4.2.2, Tabela 16). Portanto, considerou-se para a cultivar pesquisada, $1,00$ e $1,53 \text{ dS m}^{-1}$ como valores de salinidade limiar (SL) da água de irrigação e do extrato de saturação, respectivamente. Segundo vários autores, a tolerância das culturas à salinidade é normalmente avaliada com base na sua resposta à salinidade do solo, usualmente expressa em condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}); assim, a salinidade máxima na zona radicular tolerada pelas plantas, sem afetar negativamente o seu desenvolvimento e rendimento, é denominada de salinidade limiar (SL), onde o rendimento potencial da cultura é de 100 % e, a partir da qual, ocorre decréscimo linear da produção.

Scardaci *et al.* (1996), em estudo similar a respeito do efeito da salinidade do solo e da água sobre a cultivar de arroz 'Califórnia', concluíram que o rendimento de grãos decresceu significativamente quando os níveis de CE_{es} excederam a $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ e, propuseram este valor de condutividade como limiar para a cultivar estudada. Os dados da Tabela 23 estão apresentados na Figura 13, onde analisando-se o rendimento de grãos, em

termos de tolerância à salinidade da água de irrigação, observa-se decréscimo relativo de 8,58 % (valor 'b') por incremento unitário de salinidade sobre a limiar ($1,00 \text{ dS m}^{-1}$). De acordo com os estudos do presente trabalho (Tabela 23), os rendimentos relativos de 100, 75 e 50 %, seriam atingidos com os respectivos valores de CEai, 1,00, 3,91 e $6,83 \text{ dS m}^{-1}$ contra 2,00, 3,40 e $4,80 \text{ dS m}^{-1}$ indicados por Maas & Hoffman (1977). A cultivar 'Formoso' apresentou maior sensibilidade para RR entre 100 % ($1,00 \text{ dS m}^{-1}$) e 83,62 % ($2,91 \text{ dS m}^{-1}$) e, a partir daí, maior tolerância à salinidade da água, devido ao menor valor de 'b' (8,58 %) comparado ao indicado pela literatura (18,00 %). Portanto, segundo os dados obtidos, para cada unidade de aumento da CEai, houve queda de 8,58 % no rendimento relativo da cultivar 'Formoso'.

Tabela 23. Rendimento relativo (RR) do arroz em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e do extrato de saturação (CEes), segundo dados obtidos no experimento atual e os relatados por Maas & Hoffman (1977).

RR (%)	CEai (dS m^{-1})		CEes (dS m^{-1})	
	Experimento	Maas & Hoffman (1977)	Experimento	Maas & Hoffman (1977)
100	1,00	2,00	1,53	3,00
75	3,91	3,40	4,00	5,10
50	6,83	4,80	6,47	7,20
25	9,74	6,17	8,93	9,25
0	12,66	7,56	11,40	11,33

Conforme estudo do RR em função da CEes (Tabela 23), as produções relativas de 100, 75 e 50 %, seriam alcançadas com CEes de 1,53, 4,00 e $6,47 \text{ dS m}^{-1}$ contra 3,00, 5,10 e $7,20 \text{ dS m}^{-1}$ indicados por Maas & Hoffman (1977). Também observa-se distinção entre os resultados deste experimento e as indicações contidas na literatura. No presente trabalho, considerou-se como salinidade limiar (CEes) da cultivar estudada, o valor de $1,53 \text{ dS m}^{-1}$, entretanto, como a produção decresceu já a partir de $1,53 \text{ dS m}^{-1}$, provavelmente seria maior em níveis menores, mas por outro lado, segundo vários autores (Maas, 1984 e Ayers & Westcot, 1991) em geral as culturas anuais não exigem CEes menor que $1,50 \text{ dS m}^{-1}$ (CEai menor que $1,00 \text{ dS m}^{-1}$) para rendimento potencial de 100 % (Tabela 2).

Na Figura 13, verifica-se para a cultivar em estudo, um decréscimo de 10,13 % (valor 'b') para cada incremento unitário sobre a SL (CEes = $1,53 \text{ dS m}^{-1}$); Maas & Hoffman (1977) e Maas (1984; 1986) indicam o valor 'b' de 12,00 % para o arroz.

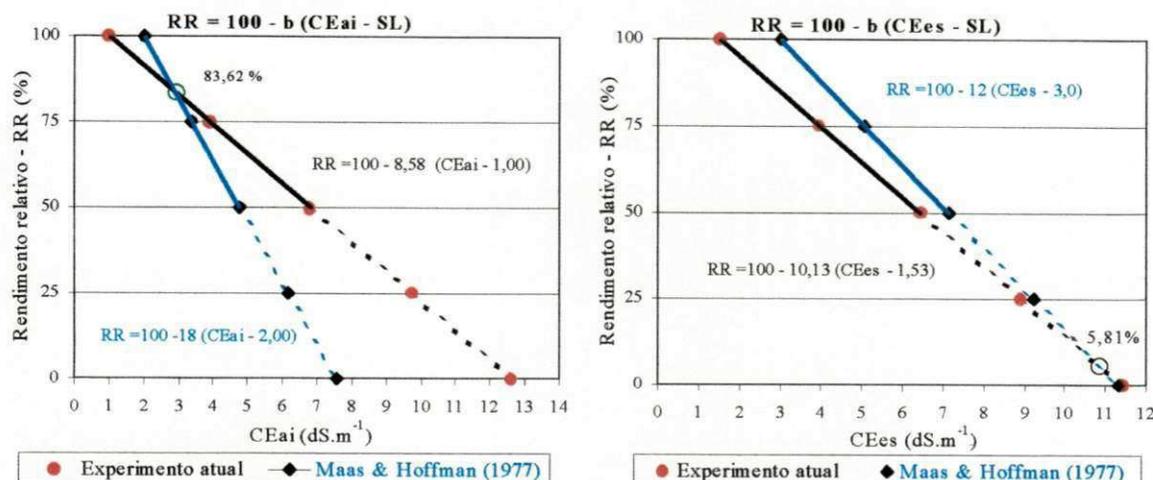


Figura 13 – Rendimento relativo (RR) do arroz em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e do extrato de saturação (CEes) segundo o experimento atual e Maas & Hoffman (1977).

Inferese-se que, para a cultivar ‘Formoso’, embora apresentando salinidade limiar baixa, teve uma menor queda de rendimento por incremento de salinidade do que a referida na literatura, o que denota maior tolerância relativa, mas, por outro lado, observa-se que as salinidades do extrato de saturação para rendimentos relativos de 100,00 e 50,00 % da cultivar de arroz ‘Formoso’, são 1,53 e 6,47 dS m^{-1} , valores menores do que os reportados na literatura (3,00 e 7,12 dS m^{-1}), denotando maior sensibilidade da cultivar estudada. Como se constatou na Tabela 16, o fator de concentração (FC) de sais no solo teve relação inversa com a CEai, tendo variado de 1,53 em N₁ a 0,98 em N₅. Assim, nota-se que, à exceção de N₁, o fator de concentração foi inferior ao referido por Maas & Hoffman (1977) que é 1,5 vezes a CEai, daí porque favoreceu maior tolerância relativa da cultivar estudada (menor valor ‘b’). Viana (2000), também verificou valor $b = 6,10\%$ para alface (cv. Elba), bem inferior ao indicado pela literatura (13,00 %). As curvas apresentadas na Figura 13 convergem para a mesma produção relativa (RR = 5,81 %) se a CEes atingisse um valor de 10,84 dS m^{-1} , entretanto, segundo Maas & Hoffman (1977) e Maas (1984), a relação entre queda de rendimento e o aumento da salinidade, acima do limiar, deixa de ser linear quando o efeito da salinidade causa rendimentos bastante inferiores a 50 % do rendimento potencial da cultura. Nesses níveis os rendimentos são comercialmente inaceitáveis. Por outro lado, os valores de CEes para RR de 0,00 % foram 11,40 e 11,33 dS m^{-1} segundo extrapolação dos resultados desta pesquisa e dos dados de Maas & Hoffman (1977),

respectivamente (Tabela 23), valores praticamente equivalentes ao indicado por Doorenbos & Kassam (1994), da ordem de $11,50 \text{ dS m}^{-1}$.

4.2.12 - Evapotranspiração Real (ETR)

A ETR foi calculada mediante a Eq. 12, apresentada no item 3.5.8 em Material e Métodos. O resumo das análises estatísticas para esta variável encontra-se na Tabela 24. De acordo com o teste F, houve efeito significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, do fator 'nível salino' sobre a ETR acumulada nas sete épocas de avaliação. O consumo de água pela cultura foi reduzido à medida que a condutividade elétrica da água aumentava. Conforme as médias apresentadas na Tabela 24, verificam-se entre os níveis N_1 e N_5 , os seguintes decréscimos: 11,61, 16,26, 24,62, 32,92, 36,61, 36,22 e 30,51 %, respectivamente nas épocas, 18, 36, 54, 72, 90, 108 DAT e por ocasião da colheita. Em experimento conduzido em casa de vegetação, Pearson (1959) verificou que em relação ao desenvolvimento máximo (controle), as plantas de arroz submetidas ao mais alto nível salino ($16,00 \text{ dS m}^{-1}$), apresentaram reduções significativas na taxa de evapotranspiração e que esta foi diretamente proporcional à quantidade de matéria seca. Campos (1986) verificou aos 33 DAT, as seguintes reduções na transpiração da cultivar de arroz IAC 25, em relação ao controle (0,00 MPa), 59,49, 77,73 e 79,56 %, nos sucessivos potenciais osmóticos de - 0,40, - 0,80 e - 1,20 MPa de NaCl, correspondendo a 11,12, 22,24 e 33,36 dS m^{-1} , respectivamente. A ETR é função da área foliar, disponibilidade de água e condições ambientais. A taxa de evapotranspiração acumulada ao final do ciclo foi condizente com a fitomassa seca da palha (FPL) e seca total da parte aérea (FSPA), as quais foram reduzidas de N_1 para N_5 em 32,42 e 33,75 %, respectivamente. Ficou evidenciado que o aumento da salinidade provoca redução do consumo de água pelas plantas, sendo uma das causas o aumento da pressão osmótica condicionando a redução do crescimento.

O fator 'muda' teve efeito significativo ao nível da 1 % de probabilidade (Tabela 24), constatando-se que as plantas oriundas de mudas sem estresse (M_0) consumiram significativamente mais água nas sete épocas, diferindo estatisticamente da média do grupo com estresse (M_1), embora, conforme verificado anteriormente (Tabela 22) não tenha havido diferença significativa para as variáveis fitomassa de raízes (FSR),

fitomassa da parte aérea (FSPA), relação R/PA, peso de 100 grãos (P_{100}) e rendimento de grãos (RG), entre os dois tipos de mudas.

Ainda, segundo a Tabela 24, observa-se que até 72 DAT a evapotranspiração do arroz dependeu do efeito interativo entre níveis salinos (N) e tipos de mudas (M), o que implica em relatar que, no início, o efeito da salinidade da água sobre a ETR ocorreu diferentemente sobre as plantas originadas de mudas M_0 e M_1 . No final do ciclo, porém, após 90 DAT, bem como na ETR total, o efeito dos fatores foi isolado, isto é, a evapotranspiração foi afetada pela salinidade e pelo tipo de muda, sem serem interativos. Os dados do desdobramento das interações significativas estão na Tabela 25, onde verifica-se que houve efeito significativo da salinidade com resposta quadrática da planta tanto dentro de M_0 como dentro de M_1 , exceto aos 18 DAT, quando, dentro de M_1 , a resposta foi linear.

Os modelos matemáticos obtidos estão apresentados na Figura 14. Aos 18 e 36 DAT, o grupo M_0 teve efeito quadrático com ponto de máxima ETR em $1,75 \text{ dS m}^{-1}$ (174,84 mm) e $1,53 \text{ dS m}^{-1}$ (359,64 mm) e pontos críticos em $2,50 \text{ dS m}^{-1}$ (173,68 mm) e $2,06 \text{ dS m}^{-1}$ (358,13 mm), respectivamente. Portanto, aos 36 DAT, em relação aos 18 DAT, a cultivar foi mais sensível, visto que os valores (pontos de máxima e crítico) foram menores. Os pontos de máxima evapotranspiração tendem para CEai zero nas curvas das regressões quadráticas em que não constam pontos plotados. Aos 54 DAT, para M_1 , encontrou-se como ponto de máxima ETR, a CEai de $0,73 \text{ dS m}^{-1}$ (530,66 mm). Percebe-se nas Figuras 14 e 15, que as plantas produzidas sem estresse ' M_0 ' tiveram maior consumo de água, o que já foi comentado e constatado quando da comparação de médias. A ETR nas fases finais (90 e 108 DAT e ETR total) foi afetada linearmente pela salinidade da água de irrigação. Nessas três épocas, a evapotranspiração acumulada foi reduzida respectivamente em 127,07, 166,73 e 159,63 mm para cada incremento unitário da CEai. Na Figura 15, observa-se que a ETR diária inicialmente tendeu a se reduzir; possivelmente devido ao período precedente ao desbaste, quando se tinha 8 plantas por rizotron.

Tabela 24. Resumo da análise de variância para a evapotranspiração real acumulada (ETR) em sete épocas diferentes, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAT e por ocasião da colheita (ETR_T), bem como as médias acumuladas e diárias.

FV	GL	Quadrados Médios						
		ETR	ETR	ETR	ETR	ETR	ETR	ETR _T
		0-18 DAT	0-36 DAT	0-54 DAT	0-72 DAT	0-90 DAT	0-108 DAT	
N. Sal.(N)	4	336,3**	3000,8**	19800,5**	91824,3**	252805,5**	430621,7**	393919,1**
Reg. Linear	1	(Desd.	(Desd.	(Desd.	(Desd.	484378,1**	834000,1**	764484,0**
Reg. Quadr.	1	Tab.	Tab.	Tab.	Tab.	277,71 ^{NS}	100,6 ^{NS}	4567,7 ^{NS}
Desv. Reg.	2	25)	25)	25)	25)	10477,5 ^{NS}	13571,3 ^{NS}	9393,2 ^{NS}
Muda (M)	1	832,1**	10830,0**	47124,0**	86725,6**	179258,7**	237452,0**	169050,1**
(NxM)	4	29,9**	234,3**	1330,9**	1456,5**	7248,9 ^{NS}	9519,9 ^{NS}	13977,4 ^{NS}
Res.	20	3,20	25,33	67,57	181,07	6536,37	7219,63	8033,90
CV(%)	-	1,10	1,58	1,57	1,62	6,50	5,18	4,64
Médias								
Nível salino (N)		mm acumulado.....						
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		169,33	338,33	584,83	973,50	1522,00	2002,33	2257,00
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		166,00	335,83	566,83	903,00	1310,33	1739,00	2051,00
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		163,50	322,83	534,17	847,00	1272,67	1659,50	1957,17
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		162,50	311,33	498,50	769,33	1154,00	1522,33	1831,67
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		149,67	283,33	440,83	653,00	964,83	1277,00	1568,50
Muda (M)								
M ₀		167,47 a	337,33 a	564,67 a	882,93 a	1322,07 a	1729,00 a	2008,13 a
M ₁		156,93 b	299,33 b	485,40 b	775,40 b	1167,47 b	1551,07 b	1858,00 b
DMS		1,3625	3,8337	6,2610	10,2493	61,5807	64,7193	68,2715
Nível salino (N)		mm dia ⁻¹						
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		9,41	9,39	13,69	21,59	30,47	26,09	14,15
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		9,22	9,44	12,83	18,68	22,63	23,82	15,60
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		9,08	8,85	11,74	17,38	23,65	21,49	13,53
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		9,03	8,27	10,40	15,05	21,37	20,46	12,89
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		8,32	7,43	8,75	11,79	17,32	17,34	10,05
Muda (M)								
M ₀		9,30	9,44	12,63	17,68	24,40	22,61	12,69
M ₁		8,72	7,91	10,34	16,11	21,78	21,31	13,95

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

Verifica-se com base nas médias (Tabela 25) que ocorreram os seguintes decréscimos entre N₁ e N₅, 13,71, 19,13, 28,56 e 33,40 % aos 18, 36, 54 e 72 DAT dentro de M₀, entretanto dentro de M₁, os efeitos (decréscimos) foram menores, 9,37, 12,97, 19,77 e 32,37 % para as mesmas épocas, razão da existência do efeito interativo.

Tabela 25. Desdobramento das interações significativas e médias para evapotranspiração real acumulada aos 18, 36, 54 e 72 DAT.

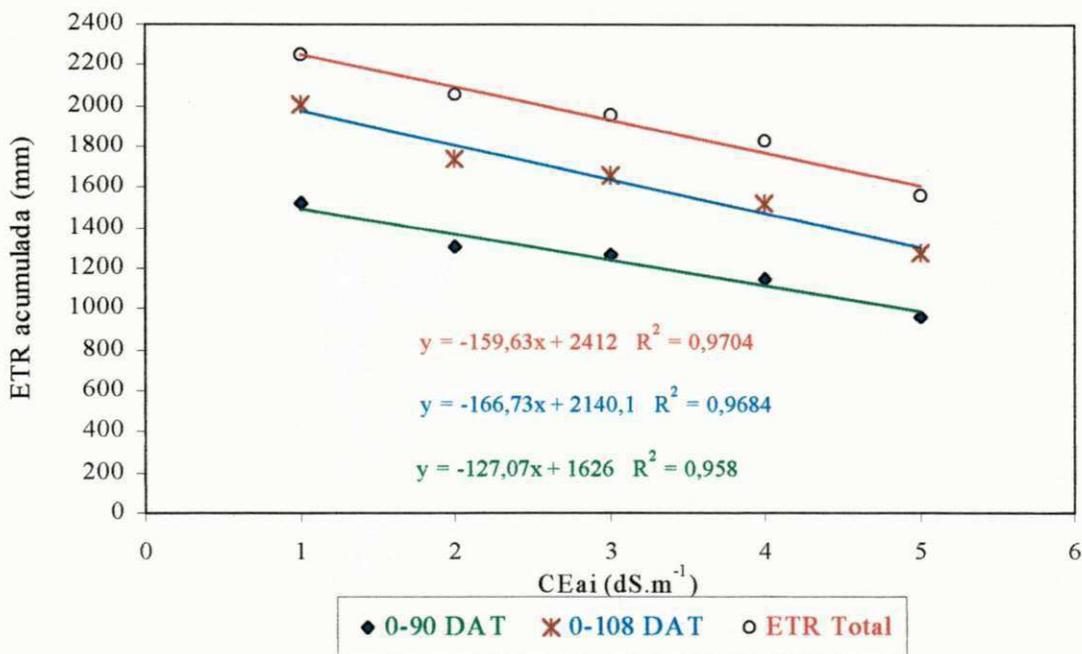
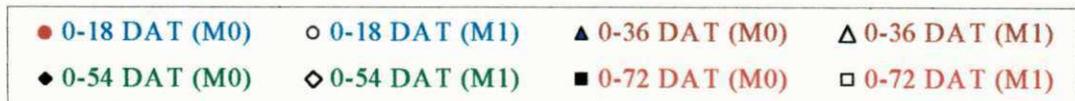
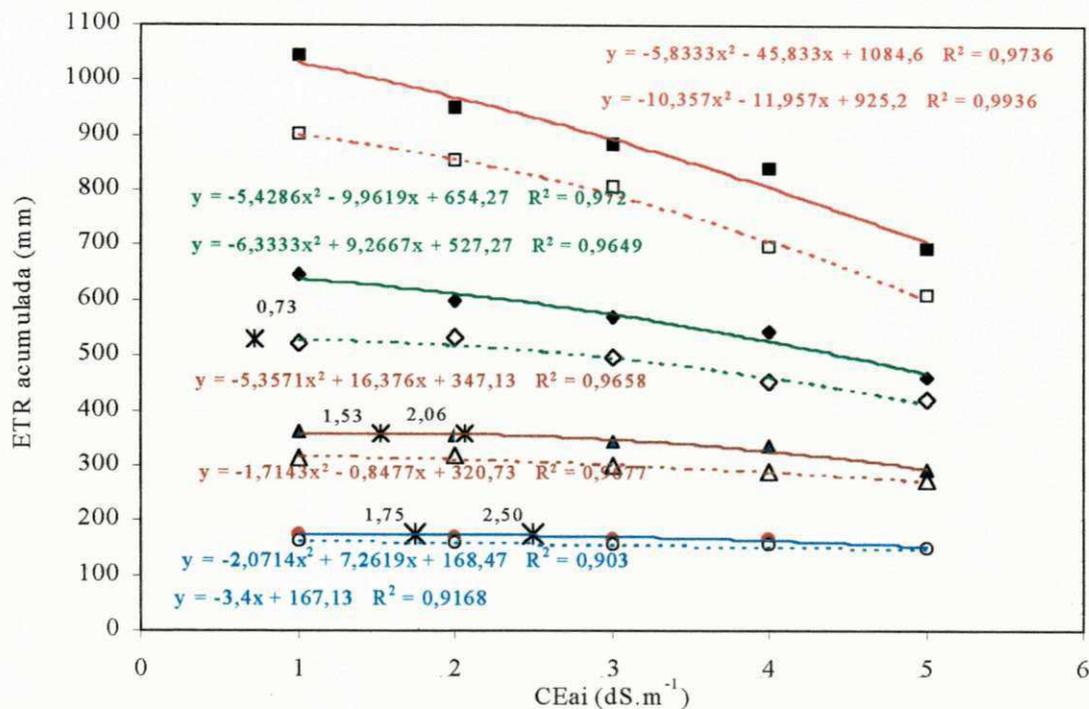
FV	Quadrados Médios			
	ETR	ETR	ETR	ETR
	0-18 DAT	0-36 DAT	0-54 DAT	0-72 DAT
N em M₀				
Reg. Linear	800,8333**	7457,6333**	54272,5333**	196020,8333**
Reg. Quadr.	180,2143**	1205,3571**	1237,7143**	1429,1667*
Desv. Repr.	52,6762 ^{NS}	153,5048 ^{NS}	799,5429 ^{NS}	975,4667 ^{NS}
Resíduo	2,9333	33,1333	77,6000	191,4000
CV	1,0227	1,7064	1,5601	1,5669
Médias				
.....mm.....				
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)	175,0000	360,6667	645,3333	1044,0000
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)	172,6667	354,3333	601,0000	950,6667
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)	169,6667	345,3333	571,6667	885,0000
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)	169,0000	334,6667	544,3333	839,6667
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)	151,0000	291,6667	461,0000	695,3333
N em M₁				
Reg. Linear	346,8000**	3718,5333**	24768,1333**	164724,3000**
Reg. Quadr.	7,7143 ^{NS}	123,4286*	1684,6667**	4505,3571**
Desv. Repr.	11,8762 ^{NS}	64,0190 ^{NS}	481,7333 ^{NS}	546,3048 ^{NS}
Resíduo	3,4667	17,5333	57,5333	170,7333
CV	1,1864	1,3989	1,5626	1,6851
Médias				
.....mm.....				
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)	163,6667	316,0000	524,3333	903,0000
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)	159,3333	317,3333	532,6667	855,3333
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)	157,3333	300,3333	496,6667	809,0000
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)	156,0000	288,0000	452,6667	699,0000
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)	148,3333	275,0000	420,6667	610,6667
M em N1				
M ₀	175,0000 a	360,6667 a	645,3333 a	1044,0000 a
M ₁	163,6667 b	316,0000 b	524,3333 b	903,0000 b
M em N2				
M ₀	172,6667 a	354,3333 a	601,0000 a	950,6667 a
M ₁	159,3333 b	317,3333 b	532,6667 b	855,3333 b
M em N3				
M ₀	169,6667 a	345,3333 a	571,6667 a	885,0000 a
M ₁	157,3333 b	300,3333 b	496,6667 b	809,0000 b
M em N4				
M ₀	169,0000 a	334,6667 a	544,3333 a	839,6667 a
M ₁	156,0000 b	288,0000 b	452,6667 b	699,0000 b
M em N5				
M ₀	151,0000 a	291,6667 a	461,0000 a	695,3333 a
M ₁	148,3333 a	275,0000 b	420,6667 b	610,6667 b
DMS	3,0467	8,5725	14,0000	22,9182

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.



UFCC - BIBLIOTECA

Figura 14 – Evapotranspiração real (ETR) acumulada em sete épocas em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Ainda na Tabela 25, nota-se que as médias M₀ diferiram significativamente das médias M₁ dentro de todos os níveis, com exceção dentro de N₅ aos 18 DAT. Em resumo, as plantas oriundas de mudas produzidas sob condições de estresse salino

consumiram menos água. As plantas do grupo M₁ (com estresse) foram mais eficientes no uso de água, 1,01 kg grãos m⁻³ contra 0,97 kg grãos m⁻³ de água para as plantas do grupo M₀ (sem estresse); considerando-se uma produtividade de 6000 kg ha⁻¹, isso representa uma economia de 245 m³ de água por hectare. Segundo Doorenbos & Kassam (1994), a eficiência de utilização de água (E_y) expressa em kg de arroz em casca (grãos com 15-20 % de umidade) por m³ de água varia entre 0,70 e 1,10. Portanto, os valores acima mencionados estão em acordo com o relato desse autores.

Os dados de ETR diária (mm dia⁻¹) estão contidos também na Tabela 24, onde nota-se que variou entre 9,39 e 30,47 mm dia⁻¹ sob N₁, e entre 7,43 e 17,34 mm dia⁻¹ sob N₅. Como pode ser observado na Figura 15, a taxa de evapotranspiração diária diminuiu com o incremento da salinidade da água e aumentou com o desenvolvimento fenológico, chegando a ser máxima em pleno florescimento (em torno dos 100 DAT), passando a diminuir no estágio seguinte, concordando com os registros de Doorenbos & Kassam (1994).

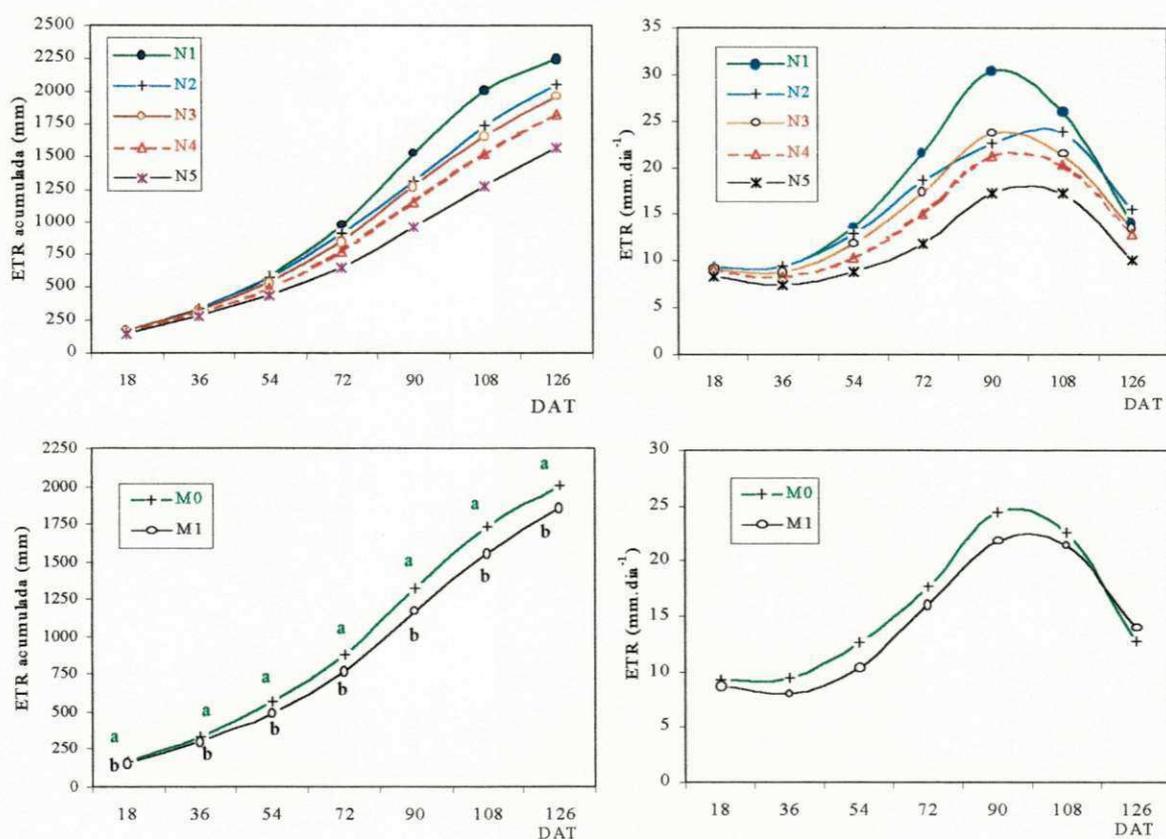


Figura 15 – Variação temporal da evapotranspiração real (ETR) acumulada e diária, em função dos fatores 'N' e 'M'.

Estes valores foram relativamente altos devido à elevadíssima densidade de perfilhos, o que foi constatado ao se extrapolar o rendimento de grãos para hectare, obtendo-se 23034 kg ha⁻¹ para N₁ e 15127 kg ha⁻¹ para N₅, e em parte, às condições ambientais em que foi conduzido o experimento, registrando-se temperaturas médias diárias superiores a 30° C, atingindo algumas vezes, temperaturas máximas de 39° C por volta das 14:00h. Segundo Doorenbos & Kassam (1994), o arroz necessita de temperaturas entre 22 e 30° C para o bom crescimento em todos os estádios e o rendimento de arroz em casca considerado bom para variedades altamente produtivas para regiões áridas e semi-áridas, varia entre 6000 e 8000 kg ha⁻¹. Neste experimento verificou-se as seguintes eficiências de uso da água (E_y), 1,02, 1,02, 0,95, 0,97 e 0,96 kg m⁻³ de água para N₁, N₂, N₃, N₄ e N₅, respectivamente; a salinidade afetou a E_y nos níveis N₃, N₄ e N₅.

A temperatura média foliar (observada no início da floração, por volta das 14:00h), obtida através de termômetro infra-vermelho, variou de 29° C no nível menos salino para 32° C no mais salino. Segundo Cairo (1995), o aumento da temperatura induz uma maior atividade respiratória em relação à fotossintética, causando um aumento da concentração de CO₂ e o conseqüente fechamento estomático. A elevação da temperatura foliar ocorre devido à transpiração reduzida, implicando no fechamento estomático que pode ocorrer não apenas em função do estresse hídrico, mas também como uma resposta da planta a outras formas de estresse do ambiente. Portanto, o efeito salino pode ter ocasionado o fechamento estomático (tentativa da planta evitar maiores perdas de água por transpiração) e reduzido a transpiração, com conseqüente aumento da temperatura foliar, reduzindo a fotossíntese e, interferindo, como já discutido, no crescimento das plantas.

4.2.13 - Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CE_{ad})

Os resultados obtidos relacionados a esta variável são encontrados na Tabela 26, onde verifica-se que a CE_{ad} sofreu efeito linear altamente significativo (1 % de probabilidade). A CE_{ad}, logicamente, aumentou à medida que a condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}) aumentava, com elevado grau de associação entre as duas condutividades uma vez que os coeficientes de determinação foram superiores a 99 %, ou seja, mais de 99 % do aumento da CE_{ad} podem ser explicados pela variação da CE_{ai} (Figura 16).

Tabela 26. Resumo da análise de variância para a condutividade elétrica média ponderada da água de drenagem (CEad, dS m⁻¹ a 25° C) em sete períodos, 0-18 (CEad₀₋₁₈), 19-36 (CEad₁₉₋₃₆), 37-54 (CEad₃₇₋₅₄), 55-72 (CEad₅₅₋₇₂), 73-90 (CEad₇₃₋₉₀), 91-108 DAT (CEad₉₁₋₁₀₈) e 109 DAT-Colheita (CEad_{109-C}).

FV	GL	Quadrados Médios						
		CEad	CEad	CEad	CEad	CEad	CEad	CEad
		0-18	19-36	37-54	55-72	73-90	91-108	109-C
N. salino (N)	4	10,9385**	17,0588**	17,2852**	15,7927**	22,9094**	23,2745**	23,9698**
Reg. Linear	1	21,8624**	34,0907**	34,5184**	31,4368**	45,5594**	46,2769**	47,7541**
Reg. Quadr.	1	0,0197 ^{NS}	0,0005 ^{NS}	0,0640 ^{NS}	0,1337 ^{NS}	0,1934 ^{NS}	0,2086 ^{NS}	0,1270 ^{NS}
Desv. Reg.	2	0,0026 ^{NS}	0,0026 ^{NS}	0,0007 ^{NS}	0,0039 ^{NS}	0,0150 ^{NS}	0,0132 ^{NS}	0,0106 ^{NS}
Muda (M)	1	0,0013 ^{NS}	0,0730**	0,1527**	0,1056**	0,2236**	0,2689**	0,0001 ^{NS}
Inter. (NxM)	4	0,0047 ^{NS}	0,0030 ^{NS}	0,0088 ^{NS}	0,0201 ^{NS}	0,0354 ^{NS}	0,0430 ^{NS}	0,0320 ^{NS}
Resíduo	20	0,0019	0,0016	0,0051	0,0055	0,0195	0,0281	0,0212
CV(%)	-	1,4198	1,1415	1,9153	1,9945	3,0160	3,6070	3,4099
		Médias						
Nível salino (N)		.....dS m ⁻¹						
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)		1,4233	1,3933	1,5100	1,5767	2,0567	2,0467	1,6400
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)		2,1667	2,4433	2,7000	2,7300	3,4467	3,4400	3,0833
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)		3,0400	3,5167	3,7967	3,8267	4,7333	4,7633	4,3267
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)		3,9233	4,6233	4,8600	4,8400	6,0167	6,0333	5,6467
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)		4,8133	5,6333	5,7933	5,6400	6,9333	6,9600	5,6667
Muda (M)		-	-	-	-	-	-	-
M ₀		3,0767 a	3,5680 a	3,8000 a	3,7800 a	4,7220 a	4,7407 a	4,2680 a
M ₁		3,0633 a	3,4693 b	3,6573 b	3,6613 b	4,5493 b	4,5513 b	4,2713 a
DMS		0,0332	0,0306	0,0544	0,0565	0,1065	0,1276	0,1109

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

O fator de concentração de sais na água de drenagem ($FC = CEad/CEai$) relacionou-se inversamente com a CEai (Figura 17). Isso ocorreu devido a maior taxa evapotranspirométrica, principalmente sob N₁ (1,00 dS m⁻¹). A ETR teve como consequência, a concentração na solução do solo dos sais dissolvidos na água de irrigação, elevando a CEad. Na Figura 17, percebe-se também que ocorreu variação temporal da CEad e a variação do FC pode ser explicada pela variação da ETR que aumentou com o tempo, decrescendo apenas no último período (108 DAT – colheita). As plantas originalmente formadas sem estresse (M₀), em geral, apresentaram maior CEad, exceto no primeiro e último período. Após 72 DAT, a CEad elevou-se mais rapidamente por conta do início do emborrachamento, fase a partir da qual ocorre aumento do consumo de água, o que se reflete em maior CEad. O aumento foi mais acentuado em torno dos 100 DAT (entre 90 e 108 DAT), coincidindo com o pico de ETR (Figura 15) e, depois decresceu, devido ao fato da ETR aumentar com o crescimento vegetativo e diminuir na fase de maturação. Não se

verificou efeito interativo dos fatores (NxM) tendo a condutividade elétrica da água de drenagem, portanto, variado igualmente dentro dos dois tipos de mudas utilizados.

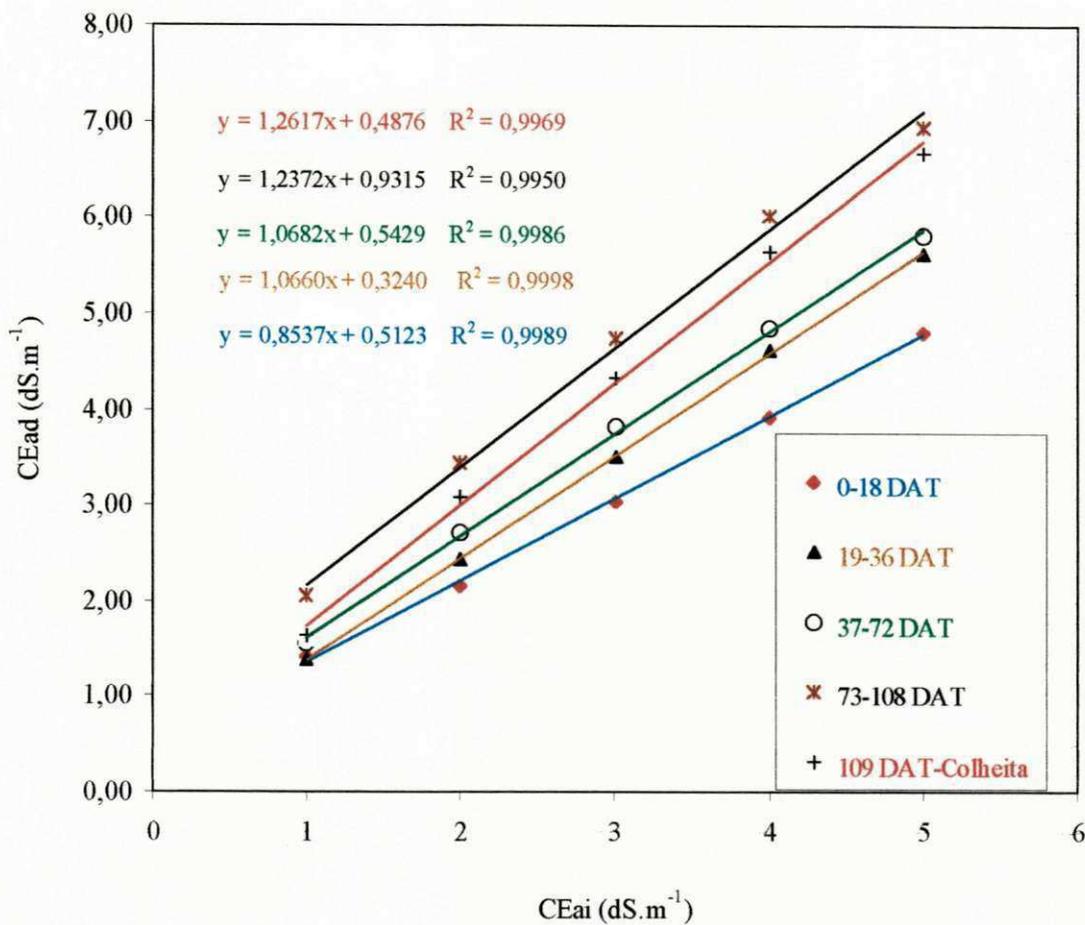


Figura 16 – Condutividade elétrica média da água de drenagem (CEad), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

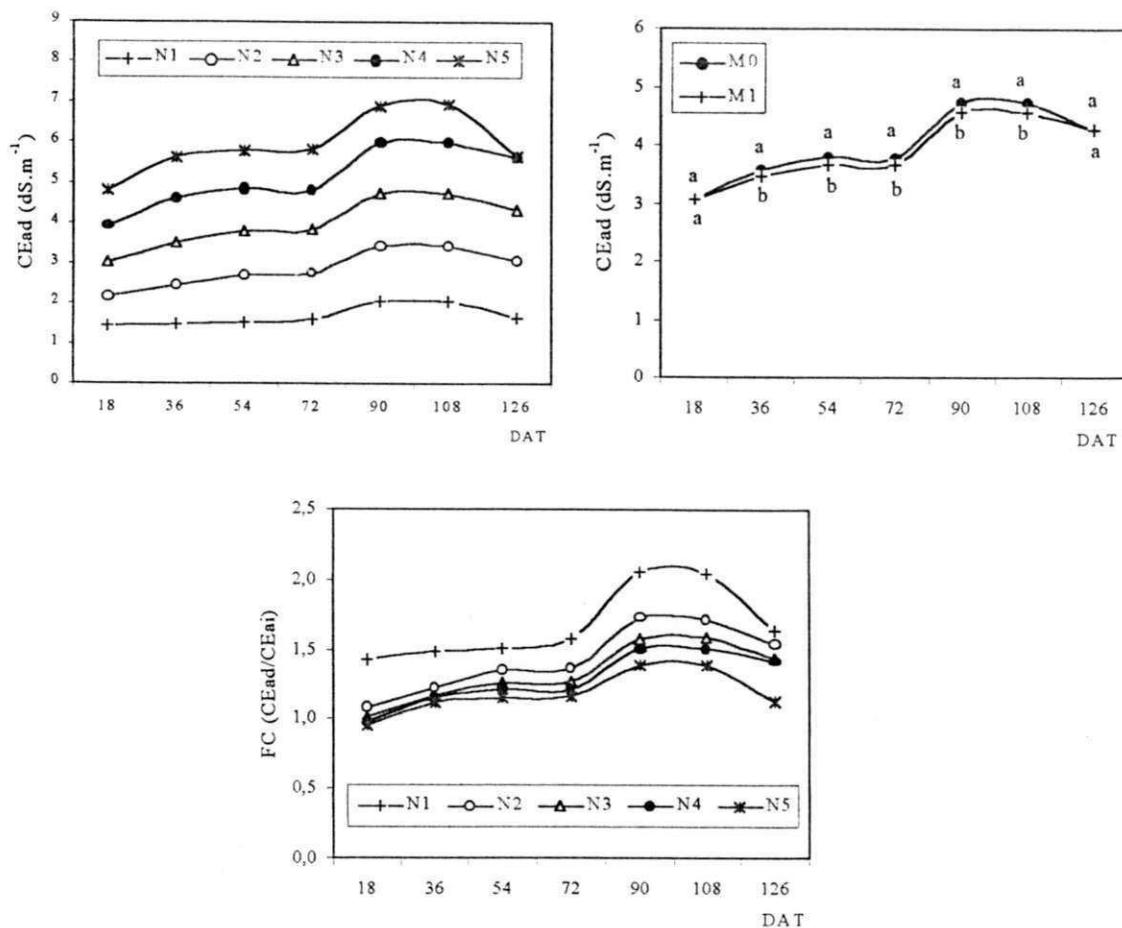


Figura 17 – Variação temporal da condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) em função dos fatores ‘N’ e ‘M’ e do fator de concentração de sais (FC).

4.2.14 - Crescimento Radicular

Verificou-se efeito significativo da salinidade, ao nível de 1 % de probabilidade, sobre as variáveis de crescimento radicular (superfície de raízes primárias, profundidade de raízes, velocidade média e taxa de crescimento), conforme resumo de análise de variância apresentado na Tabela 27. A salinidade afetou todas as variáveis relacionadas ao crescimento radicular, enquanto o efeito do tipo de muda foi variado. Não foi verificada interação significativa entre os fatores para as variáveis, refletindo a independência dos efeitos dos fatores ‘nível salino’ e ‘tipo de muda’.

Superfície de Raízes Primárias (S)

Pelos resultados apresentados na Tabela 27, observa-se que o fator ‘nível salino’ (N) teve efeito significativo (1 % de probabilidade), tanto aos 18 como aos 54 DAT; entre N_1 e os demais níveis (N_2 , N_3 , N_4 e N_5), segundo as médias observadas na Tabela 27, foram observados decréscimos de 2,21, 6,80, 17,16 e 39,14 % na primeira época e 2,90, 19,19, 27,95 e 49,66 % na segunda época. Deste modo a superfície radicular foi mais afetada na segunda avaliação. A superfície radicular é proporcional ao número de raízes, que, por sua vez, está relacionado com o número de perfilhos. Vale ressaltar que o número de perfilhos não foi afetado pela salinidade, aos 18 DAT, porém, foi severamente afetado aos 54 DAT, com redução de 37,09 % de N_1 para N_5 (item 4.2.4). Pela Figura 18, é possível uma melhor visualização comparativa do efeito salino nas duas épocas de avaliação. Nota-se que a superfície decresceu com o incremento de salinidade sobretudo, nos níveis mais elevados. Os modelos matemáticos são quadráticos, onde, aos 18 DAT, o ponto de máxima foi $1,56 \text{ dS m}^{-1}$ ($24,34 \text{ cm}^2$) e o ponto crítico para a superfície de raízes primárias ocorreu com CE_{ai} de $2,12 \text{ dS m}^{-1}$ ($24,10 \text{ cm}^2$). Por ocasião da colheita, observou-se uma aparente diferença no padrão radicular, em que a densidade de raízes diminuía com o incremento da salinidade, o que foi comprovado pelos resultados obtidos para a fitomassa seca de raízes, que foi reduzida em 48,36 % de N_1 para N_5 (item 4.2.8).

O fator ‘muda’ (M) foi altamente significativo apenas aos 18 dias, quando a média das plantas oriundas de mudas ‘sem estresse’ (M_0) superou as provenientes de mudas ‘com estresse’ (M_1) em 4,69 %, enquanto, aos 54 dias, não houve efeito significativo, (teste F a 5 % de probabilidade), com médias praticamente iguais. Portanto, entre as duas avaliações, as plantas do grupo M_1 apresentaram capacidade de recuperação em superfície de raízes. Não se verificou interação significativa dos fatores.

Tabela 27. Resumo da análise de variância e médias para superfície de raízes aos 18 (S_{18}) e 54 DAT (S_{54}), profundidade de raízes aos 18 (P_{18}) e 54 DAT (P_{54}), velocidade média (V_m) e taxa de crescimento (TC) radicular do período compreendido entre 18 e 54 DAT.

FV	GL	Quadrados Médios					
		S_{18}	S_{54}	P_{18}	P_{54}	V_m	TC
N. salino (N)	4	90,864**	1008,417**	2067,917**	8697,083**	1,990**	0,393**
Reg. Linear	1	154,179**	1906,902**	3456,133**	15916,033**	3,536**	0,752**
Reg. Quadr.	1	26,007**	79,764**	201,524 ^{NS}	1080,214**	0,259 ^{NS}	0,011**
Desv. Reg.	2	0,763 ^{NS}	15,106 ^{NS}	227,705 ^{NS}	167,010 ^{NS}	0,092 ^{NS}	0,001 ^{NS}
Muda (M)	1	7,028**	0,379 ^{NS}	4940,833**	13653,333**	1,680**	0,004 ^{NS}
Inter. (NxM)	4	0,136 ^{NS}	2,524 ^{NS}	226,250 ^{NS}	30,417 ^{NS}	0,249 ^{NS}	0,002 ^{NS}
Resíduo	20	0,534	2,123	93,333	64,167	0,105	0,002
CV(%)	-	3,459	2,840	5,558	1,947	4,899	5,303

Nível salino (N)	Médias					
	.....cm ².....	.....mm.....	mm dia ⁻¹	cm ² dia ⁻¹		
N ₁ (1,00 dS m ⁻¹)	24,313	64,100	195,333	449,333	7,056	1,107
N ₂ (2,00 dS m ⁻¹)	23,777	62,243	178,667	437,667	7,194	1,067
N ₃ (3,00 dS m ⁻¹)	22,660	51,800	179,667	417,000	6,593	0,810
N ₄ (4,00 dS m ⁻¹)	20,140	46,183	172,667	402,000	6,370	0,723
N ₅ (5,00 dS m ⁻¹)	14,797	32,267	144,667	352,000	5,759	0,487
Muda (M)						
M ₀	21,6187 a	51,4273 a	186,6667 a	432,6667 a	6,8400 a	0,849 a
M ₁	20,6507 b	51,2027 a	161,0000 b	390,0000 b	6,3667 b	0,827 a
DMS	0,5568	1,1098	7,3586	6,1014	0,2464	0,034

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probab. pelo teste de Tukey.

Profundidade de Raízes (P)

A profundidade de raízes sofreu efeito significativo a 1 % de probabilidade de ambos os fatores, tanto aos 18 como aos 54 DAT (Tabela 27). Os decréscimos observados aos 18 dias, em relação aos 54 dias, foram ligeiramente superiores. Em relação a N₁, os decréscimos verificados nos demais níveis foram de 8,53, 8,02, 11,60 e 25,94 % na primeira avaliação e de 2,60, 7,20, 10,53 e 21,66 % na segunda avaliação, respectivamente. Consta-se portanto, que a profundidade das raízes foi moderadamente afetada até N₄ (4,00 dS m⁻¹) e que foi menos prejudicada do que a superfície de raízes primárias (S). Segundo Ludlow & Muchov (1990), há uma tentativa das raízes da planta em explorar maior volume de solo sob condições de estresse hídrico e salino. Entretanto, neste trabalho, a profundidade não aumentou com o incremento de salinidade, sendo afetada apenas moderadamente até N₄. No final do ciclo, verificou-se que, independente dos níveis salinos, as raízes alcançaram o fundo do rizotron (51 cm), evidenciando que a salinidade não afetou a profundidade final das raízes (Figura A₃, em Anexos). A profundidade das raízes, ao final do ciclo, nesse caso, não foi afetada provavelmente

devido ao pequeno espaço entre as paredes do rizotron, às condições ótimas de água e disponibilidade de nutrientes.

Os modelos matemáticos obtidos estão apresentados na Figura 18. A planta respondeu de forma linear, aos 18 DAT, quando verificou-se que a profundidade das raízes foi afetada em cerca 10,73 mm por incremento unitário de CEai e, quadrática aos 54 DAT, com ponto m de máxima em 0,73 dS m⁻¹ (447,90 mm), segundo a equação de ajuste.

A média do grupo M₀ foi significativamente maior que a do grupo M₁ (Tabela 27), portanto, as plantas oriundas de mudas estressadas aprofundaram menos suas raízes, mas a diferença de profundidade diminuiu 5 % entre as duas avaliações, passando de 15,94 % aos 18 para 10,94 % aos 54 DAT. Não se verificou interação significativa entre os fatores estudados.

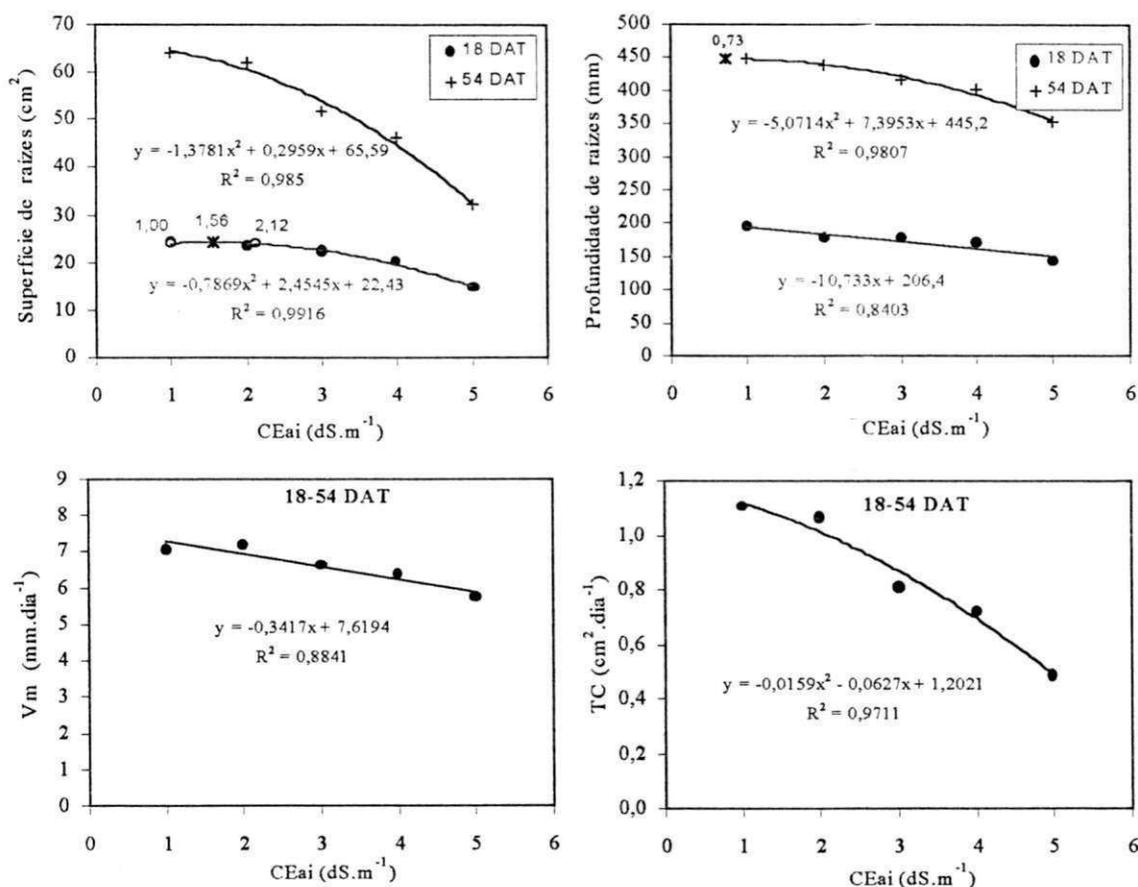


Figura 18 – Superfície de raízes primárias (S), profundidade radicular (P), velocidade média (Vm) e taxa de crescimento radicular (TC), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Velocidade Média de Crescimento (V_m)

A velocidade média de crescimento (obtida com base na relação entre a diferença de profundidade das raízes e o intervalo em dias entre as avaliações) sofreu efeito altamente significativo dos fatores estudados (Tabela 27). No nível N_2 ($2,00 \text{ dS m}^{-1}$), a V_m foi superior a do nível N_1 ($1,00 \text{ dS m}^{-1}$) em 1,97 %. Portanto, a V_m só foi afetada a partir do nível N_3 ($3,00 \text{ dS m}^{-1}$). As reduções relativas entre N_1 e os níveis N_3 , N_4 , e N_5 foram respectivamente de 6,56 %, 9,71 % e 18,37 %. Assim, em termos de profundidade, as raízes foram moderadamente afetadas até $4,00 \text{ dS m}^{-1}$. A cultivar respondeu linearmente aos efeitos da salinidade da água de irrigação. Segundo o coeficiente angular da reta, ocorreu uma redução de $0,34 \text{ mm dia}^{-1}$ para cada incremento unitário da CEai (Figura 18).

As raízes das plantas provenientes de mudas 'sem estresse' tiveram maior velocidade de crescimento; a média do grupo M_0 foi 7,43 % maior do que a do grupo M_1 (Tabela 27). Não se verificou interação significativa entre os fatores estudados.

Taxa de Crescimento (TC)

A taxa de crescimento (obtida com base na relação entre a variação de superfície das raízes e o intervalo em dias entre as avaliações) sofreu efeito significativo do teor salino da água, ao nível de 1 % de probabilidade, segundo resumo da análise apresentado na Tabela 27. Sob os níveis N_2 , N_3 , N_4 e N_5 , a TC conforme as médias contidas na Tabela 27, teve os seguintes decréscimos, relativos a N_1 de 3,61, 26,81, 34,64 e 56,02 %. Portanto, a partir de N_3 ($3,00 \text{ dS m}^{-1}$) o crescimento radicular foi severamente afetado pela salinidade. A taxa de crescimento foi mais afetada do que a velocidade média de crescimento.

Não se verificou efeito significativo do fator 'muda', pois as médias M_0 e M_1 não diferiram significativamente entre si pelo teste F, a 5 % de probabilidade. O ganho diário em superfície de raízes não variou com o tipo de muda utilizado. Os dados ajustaram-se melhor ao modelo quadrático (Figura 18). Não foi verificada interação significativa entre os fatores 'salinidade' e 'muda'.

5 – CONCLUSÕES

1. A cultivar ‘Formoso’ de arroz é tolerante à salinidade na fase de germinação, atingindo percentual superior a 78,00 e 87,00 % em todos os níveis salinos estudados aos 5 e 14 dias após semeadura, respectivamente.
2. O efeito da salinidade é intensificado na fase de plântula, entre 8 e 13 dias após semeadura; com CEai superior a $0,50 \text{ dS m}^{-1}$, ocorre decréscimo linear do vigor, em termos de fitomassa e teor de água.
3. Na fase de plântula, o estresse salino prejudica mais a altura que o comprimento radicular. A altura é afetada com CEai superior a $0,50 \text{ dS m}^{-1}$; o comprimento radicular só é afetado com água de CE igual ou superior a $5,00 \text{ dS m}^{-1}$.
4. A salinidade da água de irrigação atrasa a duração do período vegetativo e encurta a duração da floração. O período de enchimento efetivo de grãos não varia com a salinidade e se completa com 30 dias após início da floração. O ciclo é retardado com o incremento de salinidade.
5. A altura de plantas, o número de perfilhos e o número de panículas, ao final do ciclo, decrescem respectivamente 35 mm, 1,83 e 1,20 por incremento unitário de CEai; ocorrem os correspondentes decréscimos (relativos a $1,00 \text{ dS m}^{-1}$) 15,86, 18,55 e 15,71 %, no tratamento $5,00 \text{ dS m}^{-1}$.
6. Na fase de produção comercial, o estresse salino produz efeito negativo sobre os componentes da panícula; as variáveis número de ramificações primárias, comprimento da panícula, número de grãos cheios e fitomassa da panícula decrescem respectivamente, 8,28, 15,76, 15,99 e 27,52 % quando a CEai é elevada de 1,00 para $5,00 \text{ dS m}^{-1}$.

7. As variáveis de fitomassa seca das raízes e da parte aérea e dos componentes de produção (peso de 100 grãos e rendimento de grãos) são linearmente afetadas com a utilização de água de CE igual a $5,00 \text{ dS m}^{-1}$ com decréscimos, relativos a $1,00 \text{ dS m}^{-1}$, de 48,36, 33,75, 12,28 e 34,33 %, respectivamente. A cultivar é tolerante até $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ com redução na produção, relativa a $1,00 \text{ dS m}^{-1}$, menor que 20,00 %.
8. O efeito da salinidade ao final do ciclo vegetativo de arroz é mais intenso sobre o sistema radicular que sobre a parte aérea, resultando em redução linear na relação R/PA.
9. As salinidades do extrato de saturação para rendimentos relativos de 100,00 e 50,00 % da cultivar de arroz 'Formoso', são 1,53 e $6,47 \text{ dS m}^{-1}$, valores menores do que os reportados na literatura ($3,00$ e $7,20 \text{ dS m}^{-1}$), denotando maior sensibilidade da cultivar estudada.
10. O aumento da concentração salina provoca redução significativa na evapotranspiração real (ETR). A maior ETR diária ocorre entre 90 e 100 DAT (fase de floração).
11. O efeito da salinidade da água, em termos de crescimento radicular, é mais adverso sobre a taxa de crescimento absoluto ($\text{cm}^2 \text{ dia}^{-1}$) comparada com a velocidade de crescimento (mm dia^{-1}) entre 18 e 54 DAT.
12. As plantas originadas de mudas produzidas com estresse salino ($\text{CE}_{\text{ai}} = 8,50 \text{ dS m}^{-1}$) têm menor evapotranspiração real (ETR) e maior eficiência de uso de água (E_y).
13. A produção de mudas de arroz em condições de estresse salino ($\text{CE}_{\text{ai}} = 8,50 \text{ dS m}^{-1}$) comparada às condições de não estresse ($\text{CE}_{\text{ai}} = 0,50 \text{ dS m}^{-1}$) não tem influência posterior sobre a produção de arroz, não afetando os componentes da panícula, a fitomassa seca de raiz (FSR) e da parte aérea (FSPA), a relação R/PA, o peso de 100 grãos (P100) e o rendimento de grãos (RG).

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBAR, M. Water and chloride absorption in rice seedlings. **J. Agric. Res.** v.13, n.1, p.341-8, 1975.
- AKBAR, M.; YABUNO, T. Breeding for saline resistant varieties of rice. II. Comparative performance of some rice varieties to salinity during early development stages. **Japan J. Breed.** v.22, n.5, p.176-81, 1974.
- AKBAR, M.; YABUNO, T.; NAKAO, S. Breeding for saline resistant varieties of rice. I. Variability for salt tolerance among some rice varieties. **Japan J. Breed.** v.22, n.5, p.227-84, 1972.
- ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy.** v.16, p.139-78, 1964.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, **44**.1-998, 1983. Rio de Janeiro, IBGE, 1984.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, **45**.1-1104, 1984. Rio de Janeiro, IBGE, 1985.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no Sertão Nordeste**. Recife: CNPq, 1995. 128p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).
- BARI, G.; HAMID, A.; AWAN, M.A. Effect of salinity on germination and seedling growth of rice varieties. **International Rice Comission News Letter.** v.22, n.3, p.32-36, 1973.
- 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. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady State. **Am. J. Bot.** v.48, p.909-18, 1961.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Review of Plant Pathology**. Stanford, v.13, p.295-312, 1975.
- BHIVARE, V.N.; NIMBALKAR, J.D. Salt stress effects on growth and mineral nutrition of french beans. **Plant and Soil**. v.80, p.91-8, 1984.
- BHUMBLA, D.R.; SINGH, B.; SINGH, N.T. Effects of salt on seed germination. **Indian J. Agron.** v.13, p.181-5, 1968.
- BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. **Soil chemistry**. 2.ed. John Wiley & Sons, New York, 1985. 341p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BROWN, J.W.; WADLEIGH, C.H. & HAYWARD, H.E. Foliar analysis of stone fruit and almond trees on saline substrates. **Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.** v.61, p.49-55, 1953.
- CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista/BA: UESB, 1995. 32p.
- CAMPOS, I. S. **A cultura do arroz no Estado do Acre. Lavoura Arrozeira**. 1981. 328p.
- CAMPOS, I.S. **Efeitos de diferentes potenciais osmóticos na germinação e crescimento do arroz**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1986. 112p. (Dissertação de Mestrado).
- CASTRO, R.V.; SABADO, S.P. **Influence of varying level of salt applied at different stages on the growth and yield of rice**. *Grains J.* v.2, p.43-5, 1977.
- CATI. **Manual técnico das culturas**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI. Manual 8, 1997. 18p.
- 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**. v.103, n.2, p.155-169, 1977.
- CORDEIRO, G.G.; MILLAR, A.A. **Problemas de sais nas áreas em operação agrícola do projeto de irrigação de São Gonçalo**. In: CONGRESSO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Salvador, 1978. 20p.
- CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura**. 2.ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1983. 337p.
- DAKER, A. **Irrigação e drenagem: A água na agricultura**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1988. v.3. 543p.
- DANTAS, R. T.; ESCOBEDO, J. F. Índices morfo-fisiológicos e rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. **Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.2, n.1, p.27-31, 1998.
- DATTA, S.K. A study of salt tolerance of twelve varieties of rice. **Cur. Sci.** v.41, n.12, p.456-7, 1972.
- DESAI, A.D. RAO, T.S.; HIREKERUR, L.R. Effects of saline waters on growth and yield of rice. **J. Indian Soc. Soil Sci.** v.5, p.13-6, 1957.
- DONEEN, L.D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A.; GANE J. (ed.). **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag, p.56-76, 1975. (Ecological Studies, 15).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB., 306p., 1994. (Estudos FAO: Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).
- EMBRAPA – CNPAF. Formoso – cultivar de arroz irrigado para o Nordeste. Santo Antônio de Goiás – GO. 2000. 2p. (Folder de lançamento).
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Ed. Campus: EMBRAPA. 1984. 341 p.
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**. v.88, n.2, p.237-243, 1985.

- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; GHEYI, H.R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. **Pesq. Agropec. Bras.** v.16, n.5, p.677 – 681, 1981.
- FAGERIA, N.K.; GHEYI, H.R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB-SBEA., p.363-383, 1997.
- FAGERIA, N.K.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação das cultivares de arroz e feijão, para condições adversas de solo.** EMBRAPA – CNPAF, Goiânia, 1980. 22 p.
- FAO/UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity.** In: International Source Book. London: Hutchinson, 1973. 510p.
- FERREIRA, C.M. **Recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Nordeste.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1998. 56p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 86).
- FERREIRA, P.A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.37-68,.
- FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia.** Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 1991. 440p.
- FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal.** São Paulo: EPU/EDUSP. 1985. v.1. 2.ed. 362p.
- FILGUEIRA, R.F. **Efeito de diferentes níveis de salinidade do solo no comportamento de duas cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.).** Mossoró: ESAM, 46p., 1993. (Monografia de especialização).
- 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.
- FLOWERS, J.T.; YEO, A.R. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **New Phytol.** v.88, p.363-73, 1981.

- FRENKEL, H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHAINBERG, I., SHALHEVET, J (ed.). **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, p.143-72, 1984.
- GHEYI, H.R.; BARRETO, A.N.; CARVAJALGARRI, A.C.R.; ALMEIDA, A.M. **Avaliação preliminar de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L) para tolerância aos sais**. Trabalho apresentado no 12º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Ilhéus-BA, Julho, 1982. 17p.
- GHEYI, H.R.; BARROS, A.D. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salinos-sódicos. I. Ensaio de germinação e crescimento. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 22, n.7, p.719 –723, Julho/1987.
- GOES, E.S. Pré-diagnóstico sobre o problema de salinidade em perímetros de irrigação do Nordeste. Recife: SUDENE-DAA, Divisão de Projetos Integrados, 1976. 8p.
- GOES, E.S. **Problemas de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento**. Recife: MINTER/SUDENE, 1978. 20p.
- GOMES, E.M. **Recuperação de solo salino-sódico e rendimento da cultura de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. Campina Grande: UFPB/CCT, 1998. 58p. (Dissertação de Mestrado).
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 3.ed. Piracicaba: São Paulo: Nobel, 1982. 436p.
- HAYWARD, H.E.; BERNSTEIN, L. Plant growth relationships on salt affected soil. **Bot. Rev.** v.24, p.5854-635, 1960.
- HAYWARD, H.E.; SPURR, W.B. Effects of isomeric concentrations of inorganic and organic substrates on the entry of water into corn roots. **Bot. Gaz.** v.106, p.131-9, 1944.
- HAYWARD, H.E.; WADLEIGH, C.H. Plant growth on saline and alkali soils. **Advances in Agronomy.** v.1 p.1-38, 1949.
- HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.137-170.

- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia – EMBRAPA/CNPA. Campina Grande. 2000.
- ILRI. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Case study. Chacupe. In: **28th International Course on Land DRAINAGE**. Wageningen, Netherlands. n.34. 21 August – 1 December, 1989. 18p.
- IRRI. International Rice Research Institute. Los Baños, Philipines. 1967. 302p.
- IRRI. International Rice Research Institute. Los Baños, Philipines. 1968. 402p.
- IRRI. International Rice Research Institute. Los Baños, Philipines. 1974. 266p.
- IRRI. International Rice Research Institute. Los Baños, Philipines. 1975. 384p.
- IRRI. International Rice Research Institute. Los Baños, Philipines. **Ann. Report for 1978**. Los Baños. 109-19, 1978.
- IRRI. International Rice Research Institute. Los Baños, Philipines. **Program Report February, 1993**. Los Baños. 1994. 317p.
- JURINAK, J.J. The chemistry of salt-affected soils and waters. In: TANJI, K.K (ed.). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. p.42-63.
- LAUCHLI, A. Salt exclusion: An adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions. In: STAPLES, R.C.; TOENNIESSEN, G.H. (ed). **Salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement**. New York: Wiley, 1984. p.171-187.
- 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. p.113-137.
- LEPRUN, J.C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. In: Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1983. p.91-149.
- LIBERAL, O. **Controle de qualidade a nível de laboratório**. In: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Curso de aperfeiçoamento por tutoria a distância – Sementes. Brasília, 1987. 92p. (módulo 3.1).

- LIMA L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.113-136.
- LIMA, V.L.A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. Viçosa: UFV, 1998. 87p. (Tese de Doutorado).
- LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de análise do solo: Conceitos e aplicações**. 3ed. ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. São Paulo, 1989. 50p.
- LUDLOW, M.M.; MUCHOW, R.C. A critical evolution of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**. New York. v.43, p.107-153, 1990.
- MAAS, E.V. Crop tolerance. **Calif. Agric**. v.38, n.10, p.20-21, 1984.
- MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**. New York. v.1, p.12-36, 1986.
- MAAS, E.V. **Crop salt tolerance**. In: Agricultural salinity assesment and management. New York: American Society of Civil Engineers, cap.13, p.262-304, 1990.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – curent assesment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**. v.103, n.2, p.115-134, 1977.
- MAGALHÃES, A.C.; CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. **Bragantia**. v.31, n.5, p.19-26, 1972.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade de sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB/CCT, 1992. 137p. (Dissertação de Mestrado).
- MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. **Qualidade da água de irrigação**. Mossoró, ENA/ESAM, 1994. 60p. (ESAM, Boletim técnico-científico, 22).

- MEDEIROS, J.G.; PEREIRA, W.; MIRANDA, J.E.C. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomea batatas*, L. Lan). **Rev. Brasil. Fisiol. Vegetal.** v.2, p.23-29, 1990.
- MEDEIROS, R.D. de **Efeitos do manejo de água e de sistemas de controle de plantas daninhas em arroz** (*Oryza sativa* L) irrigado. Piracicaba: ESALQ-SP, 1995. 69p. (Dissertação de Mestrado).
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEPE, p.49-85, 1994.
- NARALE, R.P.; SUBRAMANVAN, T.K.; MUKHERIEE. Influence of salinity on germination, vegetative growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.). **Agronomy Journal.** v.61, n.3, p.341-4, 1969.
- NOBLE, C.L.; ROGERS, M.E. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. **Plant and Soil.** v.146, n.1-2, p. 99-107, 1992.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.1-36.
- OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2ed. Campinas – SP: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503p.
- OTA, K.; YASUE, T. Studies on the salt injury in crops. XII. The effect of sodium chloride solution on the germination capacity of paddy seed. **Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.** v.27, n.2, p.223-5, 1958.
- PAN, C.L. The effect of salt concentrations of irrigation water on the growth of rice and other related problems. **Int. Rice Commision Newsletter.** v.13, n.2, p.4-13, 1964.
- PEARSON, G.A. Factors influencing salinity of submerged soils and growth of caloro rice. **Soil Sci.** v.87, p.198-206, 1959.
- PEARSON, G.A. The salt tolerance of rice. **Int. Rice Commision Newsletter.** v.10, n.1, p.1-4, 1961.

- PEARSON, G.A.; AYERS A.D. Rice as a crop for salt affected soil in process of reclamation. U.S.D.A. **Res. Serv. Production Res. Rep.** v.43, p.1-13, 1960.
- PEARSON, G.A.; AYERS A.D.; EBERHARD, D.L. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. **Soil Sci.** v.102, n.3, p.151-6, 1966.
- PEARSON, G.A.; BERNSTEIN, L. Salinity effects at several growth stages of rice. **Agron. J.** 51:654-7, 1959.
- PEREIRA, J.R. **Genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) submetidos a estresse hídrico na fase de germinação.** Campina Grande: UFPB/CCT, 1997. 136p. (Dissertação de Mestrado).
- 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, p.115-33, 1970.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos.** 2.ed. Madri: Editorial Española S.A., 1985. 542p.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- PRATT, P.F.; SUAREZ, D.L. **Irrigation water quality assessments.** In: TANJI, K.K (ed.). **Agricultural salinity assessment and management.** New York: ASCE, p.220-236, 1990.
- PRISCO, J.T.; BARBOSA, L.; FERREIRA, L.G.R. Reguladores de crescimento e a reversão dos efeitos inibidores da salinidade na germinação e vigor de plântulas de *Sorghum bicolor* (L) Moench. **Ciência Agronômica.** v.5, n.1-2, p.25-32, 1975.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use of saline waters for crop production.** Rome: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48)
- RICHARDS, L.A. **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos e sodicos.** United States Department of Agriculture (USDA), México, D.F. 1977. 172p.
- ROBBINS, C.W. Field and laboratory measurements. In: TANJI, K.K (ed.). **Agricultural salinity assessment and management.** New York: ASCE. p.201-219, 1990.

- 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. **Pesq. Agropec. Brasil.** v.33, n.3, p. 225-230, 1998.
- SAXENA, H.K.; PANDEY, U.K. Physiological studies on salt tolerance of ten rice varieties I. Growth and yield aspects. **Indian J. of Plant Pathol.** v.24, n.1, p.61-8, 1981.
- SCARDACI, C.S.; EKE, A.U.; HILL, J.E.; SHANNON, M.C.; RHOADES, J.D. Water and soil salinity studies on California rice. Califórnia: U.C. Cooperative Extension. **Rice Publication.** n.2. 9p. 1996.
- 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.
- SHARMA, M.L. Interaction of water potential and temperature effects on germination of three semi-arid plant species. **Agronomy Journal.** v.68, p.390-394, 1976.
- SILVA, E.F.F. **Avaliação da eficiência de diversos produtos na recuperação de um solo salino-sódico e seus efeitos na cultura de arroz (*Oryza sativa* L.).** Campina Grande: UFPB/CCT, 1997. 70p. (Dissertação de Mestrado).
- SLAVICH, P.G.; PETERSON, G.H. Estimating a electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil: water suspensions and texture. **Australian J. Soil Res.** v.31, n.1, p.73-81, 1993.
- STROGONOV, B.P. **Physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various types of salinity.** Jerusalém, Israel: Israel Program for Scientific Translation Ltda. 1964. 279p.
- SZABOLCS, I. Amelioration of soils in salt affected areas. **Soil Tecnology.** v.2, n.2, p.331-344, 1989.
- 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.
- TAYER. J.N. **Effect of irrigation methods with saline waters on maize production and salt distribution in soil.** International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies. Bari, 1987. 285p. Thesis (M.Sc.).

- UHVITS, R. Effects of osmotic pressure on water absorption and germination of alfafa seeds. **American Journal of Botany**. v.33, p.278-85, 1946.
- VIANA, S.B.A. **Estresse salino na germinação, fase de muda e produção de alface** (*Lactuca sativa* L.). Campina Grande: UFPB/CCT, 2000. 127p. (Dissertação de Mestrado).
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP-FCAVJ, 1994. 164p.
- WAISEL, Y. **Biology of halophytes**. New York: Academic Press, 1972. 395p.
- YADAV, B.; RAO, N.H.; PALIWAL, K.V.; SARMA, P.B.S. Comparison of different methods for measuring soil salinity under field conditions. **Soil Science**. v.127, n.6, p.335-339, 1979.

7 - ANEXOS

Tabela A₁. Dados e características da cultivar de arroz 'Formoso'

Cultivar	
Instituição criadora.....	EMBRAPA – CNPAF
Cruzamento.....	17719//IR21015-72-3-3-1
Ano de extensão de uso para o MA, PI, CE, PB, AL, SE.....	2000
Planta	
Altura média (mm) ¹	910
Floração média (dias) ²	95
Cor da planta.....	Verde-clara
Folha bandeira.....	Ereta
Pilosidade na folha.....	Presente
Exserção da panícula.....	Boa
Degrane.....	Normal
Acamamento.....	Resistente
Maturação.....	Uniforme
Grão	
Arista.....	Ausente
Microaristas.....	Baixa frequência
Cor das glumas.....	Amarelo-palha
Pilosidade nas glumas.....	Presente
Peso de 1000 grãos com casca (g) ¹	27,20
Comprimento do grão polido (mm).....	7,5
Largura do grão polido (mm).....	2,2
Espessura do grão polido (mm).....	1,3
Relação comprimento/largura.....	3,40
Classe.....	Longo-fino
Teor de amilose (%).....	29,00
Centro branco (0-5).....	2,0
Sistema de irrigação.....	Inundação contínua
Produtividade de grãos (kg ha⁻¹).....	7891

Fonte: adaptado de EMBRAPA - CNPAF (2000).

¹ Os valores obtidos para altura média e peso de 1000 grãos obtidos neste experimento foram inferiores.

² A floração média neste experimento foi mais tardia.

Tabela A₂. Calendário de adubações do Experimento II.

Nutriente	Adub. de manutenção	Produto	Dosagem por rizotron	Época
N	20 kg ha ⁻¹	Uréia (45% N)	0,36 g	4 DAT
	20 kg ha ⁻¹		0,36 g	Perfilhamento (25 e 50 DAT)
	20 kg ha ⁻¹		0,36 g	Emborracham. (70 e 80 DAT)
P	60 kg ha ⁻¹	Superfosfato simples (18% P ₂ O ₅) ⁽¹⁾	11,08 g ⁽²⁾	Preenchimento do rizotron ⁽³⁾
K	25 kg ha ⁻¹	Cloreto de potássio (60% K ₂ O)	0,85 g ⁽²⁾	Preenchimento do rizotron
	25 kg ha ⁻¹		0,34 g	Perfilhamento (25 e 50 DAT)
	25 kg ha ⁻¹		0,34 g	Emborracham. (70 e 80 DAT)
N-P-K-Mg-Micro	-	Adubo foliar	0,2 % (2g L ⁻¹) ⁽⁴⁾	A partir de 17 DAT (semanalmente)
Calagem	-	Ca(OH) ₂	20 g	Preenchimento do rizotron

⁽¹⁾ Eficiência de aplicação 50%.

⁽²⁾ Está incluída a adubação corretiva (5,68 g supersimples e 0,51 g KCl)

⁽³⁾ O preenchimento dos rizotrons ocorreu 3 semanas antes do transplantio.

⁽⁴⁾ Em cada aplicação usava-se 250 a 500 mL (8 a 17 mL por rizotron).

As adubações (nitrogenada e potássica) recomendadas para a época de perfilhamento e emborrachamento foram repetidas devido às freqüentes irrigações.

Tabela A₃. Composição mineralógica do adubo foliar utilizado no Experimento II.

Nutriente	% no produto
N	7
P ₂ O ₅	17
K ₂ O	35
MgO	3
Ca	0,10
B	0,02
Cu	0,02
Fe	0,15
Mn	0,10
Zn	0,02
Mo	0,0005

Tabela A4. Características químicas de amostras dos materiais de solos, das parcelas, coletadas pós-colheita na profundidade média (20-30 cm) do rizotron.

Parcela	pH Pasta	Extrato de saturação										PST
		CE	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	RAS	
-	-	dS m ⁻¹	.....mmol _c L ⁻¹							(mmol L ⁻¹) ^{1/2}		%
N ₁ M ₀	7,08	1,61	3,76	6,26	6,67	0,58	6,75	a	2,20	p	2,98	3,04
N ₁ M ₀	7,06	1,36	3,38	4,76	6,37	0,48	6,50	a	2,10	p	3,16	3,29
N ₁ M ₀	7,03	1,62	4,00	6,12	6,67	0,72	7,25	a	2,50	p	2,96	3,01
N ₁ M ₁	7,26	1,52	3,76	5,00	6,57	0,56	7,50	a	2,30	p	3,14	3,26
N ₁ M ₁	7,14	1,42	4,50	5,88	6,57	0,54	7,25	a	2,30	p	2,88	2,90
N ₁ M ₁	7,03	1,66	4,76	6,00	6,37	0,58	7,25	a	1,80	p	2,75	2,72
N ₂ M ₀	7,13	2,85	5,50	8,38	15,97	0,88	17,00	a	2,60	p	6,06	7,13
N ₂ M ₀	7,02	2,75	5,12	8,62	15,97	0,86	16,50	a	2,40	p	6,09	7,17
N ₂ M ₀	7,41	2,80	5,38	8,76	13,97	0,84	15,75	a	2,60	p	5,26	6,10
N ₂ M ₁	7,47	2,44	5,26	7,12	11,97	0,84	12,75	a	3,10	p	4,81	5,51
N ₂ M ₁	7,24	2,49	5,00	7,50	10,97	0,90	11,25	a	2,80	p	4,39	4,96
N ₂ M ₁	7,12	2,28	5,62	6,38	12,97	0,78	13,00	a	3,10	p	5,29	6,14
N ₃ M ₀	7,32	3,35	5,00	9,38	20,97	1,57	24,25	a	3,00	p	7,82	9,32
N ₃ M ₀	7,28	3,30	4,88	6,76	18,97	1,57	18,75	a	2,80	p	7,87	9,38
N ₃ M ₀	7,23	3,45	6,12	8,38	19,97	1,57	21,50	a	2,50	p	7,42	8,83
N ₃ M ₁	7,38	3,46	7,38	7,76	19,97	1,57	22,00	a	3,00	p	7,26	8,63
N ₃ M ₁	7,25	3,32	7,50	8,12	19,97	1,37	23,00	a	2,30	p	7,14	8,48
N ₃ M ₁	7,28	3,29	7,26	7,76	17,97	1,57	22,00	a	2,50	p	6,56	7,76
N ₄ M ₀	7,21	3,90	7,62	11,50	27,97	1,77	29,00	a	3,50	p	9,04	10,77
N ₄ M ₀	7,32	3,91	7,38	11,12	28,97	1,77	28,00	a	3,20	p	9,53	11,34
N ₄ M ₀	7,1	4,12	6,76	14,12	27,97	1,97	31,25	a	3,00	p	8,66	10,32
N ₄ M ₁	7,04	4,13	7,38	10,00	24,97	1,57	36,25	a	2,50	p	8,47	10,10
N ₄ M ₁	7,11	4,56	7,50	10,00	22,97	2,16	36,25	a	3,50	p	7,77	9,26
N ₄ M ₁	7,39	4,47	8,12	10,00	25,97	1,77	38,00	a	2,80	p	8,65	10,29
N ₅ M ₀	7,58	4,87	6,88	13,88	33,97	1,97	45,50	a	2,60	p	10,55	12,51
N ₅ M ₀	7,45	5,22	7,50	12,26	35,97	1,97	48,00	a	2,60	p	11,45	13,52
N ₅ M ₀	7,38	5,27	7,62	14,88	33,97	2,36	48,50	a	3,50	p	10,13	12,04
N ₅ M ₁	7,39	4,72	5,50	15,88	29,97	2,16	42,25	a	3,00	p	9,17	10,93
N ₅ M ₁	7,28	4,65	5,12	13,26	28,97	1,77	37,50	a	3,00	p	9,56	11,28
N ₅ M ₁	7,33	4,80	4,88	15,50	28,97	2,36	39,75	a	2,80	p	9,08	10,82

N₁= 1,00 dS m⁻¹ N₂= 2,00 dS m⁻¹ N₃= 3,00 dS m⁻¹ N₄= 4,00 dS m⁻¹ N₅= 5,00 dS m⁻¹M₀ = Muda irrigada com água cuja CEai = 0,50 dS m⁻¹M₁ = Muda irrigada com água cuja CEai = 8,50 dS m⁻¹

a = ausência

p = presença

RASes inicial = 1,84 (mmol L⁻¹)^{1/2}

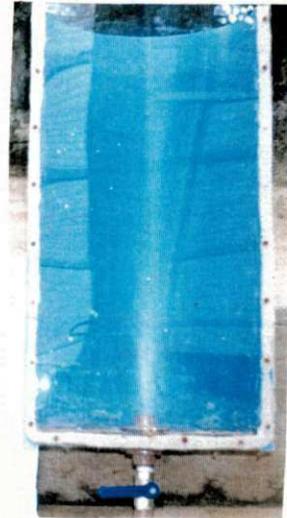
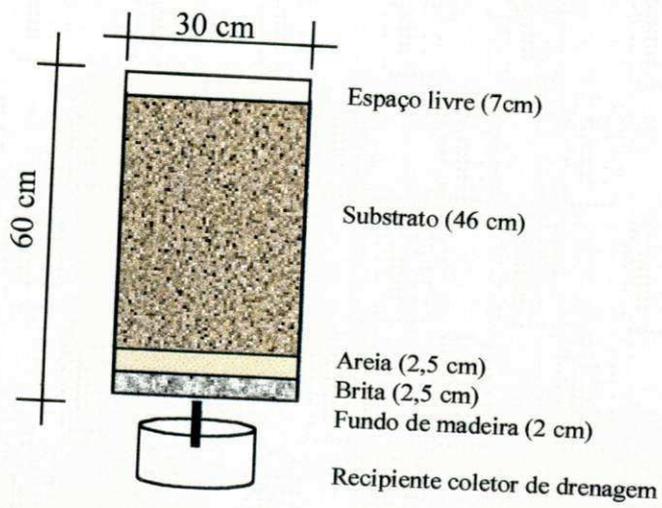
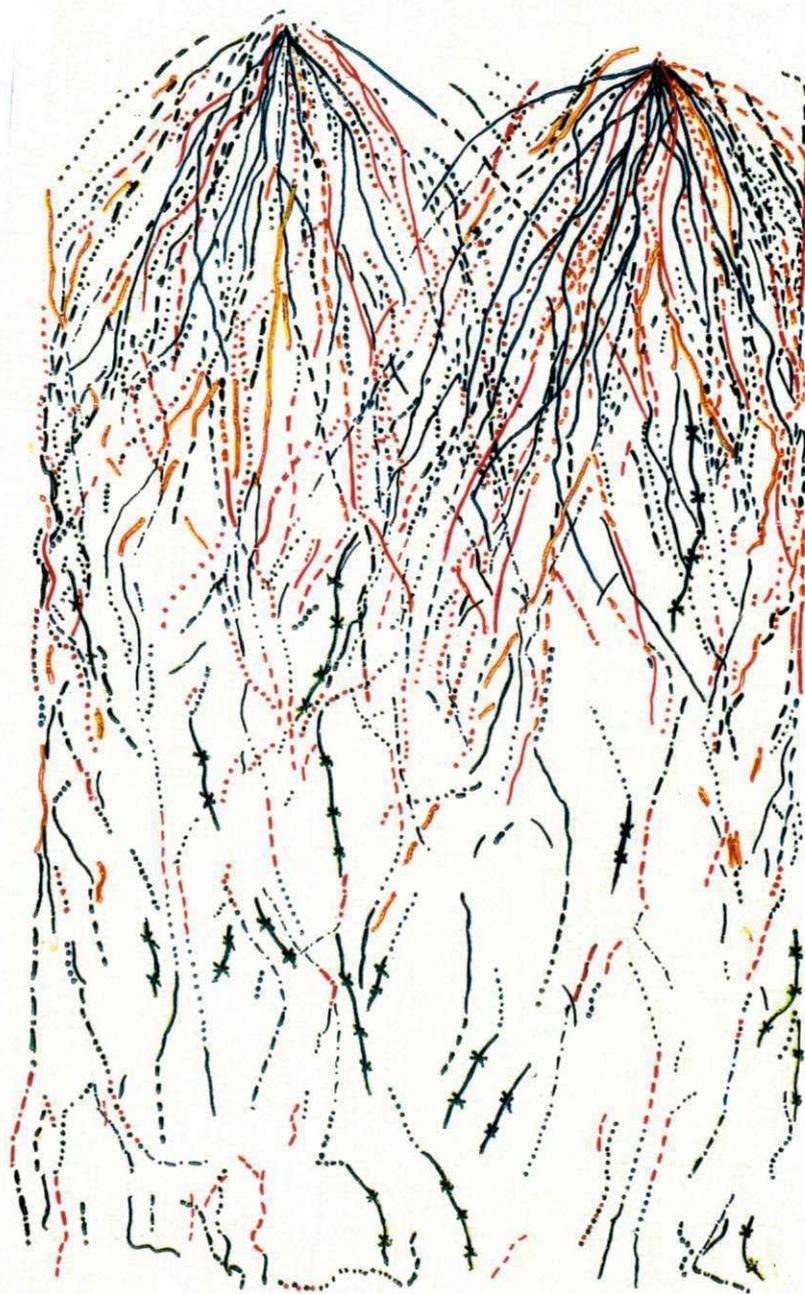


Figura A₁. Visão geral do rizotron.



Figura A₂. Visão geral do Experimento II.



— (blue)	18 DAT ¹	- - - - (black)	21 DAT	- - - - (yellow)	24 DAT
— (red)	27 DAT	- - - - (blue)	30 DAT	••••• (red)	33 DAT
— (yellow)	36 DAT	— (black)	39 DAT	••••• (black)	45 DAT
- - - - (red)	48 DAT	••••• (blue)	51 DAT	— (green)	54 DAT ¹
- - - - (black)	57 DAT	••••• (red)	60 DAT	••••• (green)	63 DAT
- ••••• (blue)	66 DAT	- ••••• (green)	69 DAT	- ••••• (red)	72 DAT
- ••••• (black)	75 DAT	••••• (black)	78 DAT	- ••••• (green)	108 DAT

¹Épocas analisadas.

Figura A3. Desenho de raízes primárias do arroz.