



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO
PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM ÁGUAS
RESIDUÁRIA E SALINIZADA- SEGUNDO
CICLO DE PRODUÇÃO

APARECIDA RODRIGUES NERY

Biblioteca UFCG
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg. 10553/12

Campina Grande
Paraíba



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



DOUTORADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO
IRRIGADO COM ÁGUAS RESIDUÁRIA E SALINIZADA – SEGUNDO
CICLO DE PRODUÇÃO**

TESE

APARECIDA RODRIGUES NERY

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

OUTUBRO – 2011

APARECIDA RODRIGUES NERY
-ENGENHEIRA AGRÔNOMA-

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO
IRRIGADO COM ÁGUAS RESIDUÁRIA E SALINIZADA – SEGUNDO
CICLO DE PRODUÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor (*Doctor scientiae*) em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES

PEDRO DANTAS FERNANDES – Doutor - UFCG/CTRN/UAEAg

LÚCIA HELENA G. CHAVES – Doutora - UFCG/CTRN/UAEAg

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

OUTUBRO – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

N456c Nery, Aparecida Rodrigues
Crescimento e desenvolvimento do pinhão-mansão irrigado com águas residuária e salinizada – segundo ciclo de produção / Aparecida Rodrigues Nery. — Campina Grande: UFCG, 2011.
212 f.

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

Orientadores: Dr. Pedro Dantas Fernandes e Lúcia Helena G. Chaves.
Referências

1. *Jatropha curcas* L.. 2. Estresse salino e hídrico 3. Irrigação.
I. Título.

CDU 626.8 (043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

APARECIDA RODRIGUES NERY

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM
ÁGUAS RESIDUÁRIA E SALINIZADA – SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO**

BANCA EXAMINADORA

Pedro Dantas Fernandes
Dr. Pedro Dantas Fernandes – Orientador

Lúcia Helena Garófalo Chaves
Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves – Orientadora

José Dantas Neto
Dr. José Dantas Neto – Examinador

Alberício Pereira de Andrade
Dr. Alberício Pereira de Andrade – Examinador

Alberto Soares de Melo
Dr. Alberto Soares de Melo – Examinador

Vera Lúcia Antunes de Lima
Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima – Examinadora

PARECER

Aprovado

Aprovado

APROVADO

Aprovado

Aprovado

Aprovado

OUTUBRO - 2011

A meus pais, Maria Rodrigues e Antônio Rodrigues

Exemplos de força, humildade e caráter.

MINHA HOMENAGEM

DEDICO esta tese a meu querido e respeitado esposo, Luis Nery Rodrigues, pelo carinho, apoio e colaboração em todas as etapas da minha formação. **OFEREÇO** aos meus filhos, Lennon Rodrigo e Ivan Luís, pelo amor e compreensão diariamente, bem como aos familiares e amigos, pelo incentivo e confiança em meus esforços.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida, saúde e disposição para concretizar mais uma etapa na minha existência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro para a realização dos experimentos e pela concessão da bolsa de estudo.

Ao respeitável orientador Dr. Pedro Dantas Fernandes, pelas preciosas orientações, apoio e exemplos de profissionalismo.

À minha orientadora Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pelas contribuições fornecidas.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pelo espaço, serviços prestados e apoio científico

Ao meu esposo Luis Nery Rodrigues, pelo estímulo, auxílio e credibilidade, necessários para a concretização deste trabalho.

Aos queridos filhos, Lennon Rodrigo e Ivan Luís, pela paciência e compreensão nas muitas ausências e aos meus pais e irmãos, pelo grande apoio com palavras de incentivo e carinho, mesmo distantes fisicamente.

Às amigas Maria Betânia Rodrigues Silva e Denise de Jesus Lemos Ferreira, pelo companheirismo, parceria na pesquisa; e aos colaboradores Juquinha, Diego Azevedo e Hermann pelo apoio fundamental na condução dos experimentos.

E àqueles que pronunciaram palavras de incentivos nos momentos bem difíceis, Anunciada, Aurean, Ana Cristina, Magnólia.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), pela disponibilidade e esforços prestados nas análises laboratoriais, em especial a Francisco Alves (Chico), Francisco de Assis ('Doutor'), José Wilson e Adilson David.

A todos os professores que contribuíram na minha formação, especialmente Vera Lúcia, José Dantas, Hans Raj, Carlos Azevedo, Hugo Orlando, Marx Prestes, Antônio Berto, Francisco Assis, Josivanda e Sohad, meu respeito e admiração.

Aos inesquecíveis colegas, Vianey Pimentel, Cruz Ramon, Michele Silva, Uilma Queiroz, Aline Ferreira, Kaline Dantas, Joelma, Silvana, Leda Verônica, Josinaldo, Riuzuani, Walker, Helder, Antônio Evami, Rosalve Lucas, Niwton Lima, Allan Nunes, Leandro Oliveira, Marcos Eric, Evandro Mesquita, Rogério, Manassés, Rossini Daniel, Arlington Ricardo, Gilberto, Braz Rodrigues, Suzane Ribeiro, Cícero Cordão, pela amizade e saudoso convívio.

A todos que, direta ou indiretamente, comigo participaram desta caminhada, o meu eterno carinho e gratidão.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xv
APÊNDICE.....	xviii
RESUMO.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – OBJETIVOS.....	3
2.1 – Objetivo geral.....	3
2.2 – Objetivos específicos.....	3
3 – REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 – Aspectos gerais e botânicos da cultura.....	4
3.2 – Utilização e importância econômica.....	5
3.3 - Cultivo do pinhão-manso.....	7
3.3.1 – Clima e solo.....	9
3.3.2 – Adubação.....	10
3.4 – Evapotranspiração da cultura.....	11
3.5. - Qualidade e quantidade de água.....	12
3.5.1 – Importância do uso de águas residuárias na agricultura.....	15
3.5.2 – Salinização e sodificação de solos.....	19
3.5.3 – Efeitos dos sais sobre as plantas.....	21
3.5.3.1 – Efeito osmótico.....	22
3.5.3.2 – Efeito tóxico do íon (efeito direto).....	22
3.5.3.3 – Efeito nutricional (efeito indireto).....	23
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1 – Localização dos experimentos.....	24
4.2. – Cultura estudada.....	24
4.3 – Procedimento experimental.....	24
4.4 – Material de solo.....	25
4.5 – Poda das plantas.....	26

4.6 – Adubações.....	27
4.7 – Tratamentos e delineamento experimental.....	27
4.7.1 – Experimento I – Uso de água residuária.....	28
4.7.1.1. – Análises físico-químicas e microbiológicas da água residuária.....	29
4.7.2 – Experimento II – Uso de águas salinizadas.....	30
4.7.3 – Irrigações.....	31
4.8 – Tratos culturais e fitossanitários.....	31
4.9 – Variáveis não destrutivas.....	34
4.9.1 - Altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF).....	34
4.9.2 - Taxas de crescimento absoluto e relativo (TCA, TCR).....	34
4.10 – Variáveis de reprodução e produção.....	35
4.11 - Evapotranspiração diária da cultura.....	36
4.12 - Salinidade e fertilidade do solo ao final do experimento.....	37
4.13 – Análises de tecidos foliares (macronutrientes e micronutrientes).....	37
4.14 - Análises estatísticas.....	38
4.15 - Resumo comparativo dos dois ciclos de produção do pinhão-mansão.....	38
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1. - EXPERIMENTO I – USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA.....	39
5.1.1 – Variáveis de crescimento.....	39
5.1.1.1 – Altura de plantas (AP).....	39
5.1.1.2 - Diâmetro caulinar (DC).....	43
5.1.1.3 – Número de folhas (NF).....	47
5.1.1.4 - Área foliar (AF).....	53
5.1.1.5 - Taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP).....	59
5.1.1.6 - Taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP).....	63
5.1.1.7 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC).....	69
5.1.1.8 - Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC).....	73
5.1.2 – Variáveis de reprodução e produção.....	77
5.1.2.1 - Início da floração.....	77
5.1.2.2 - Emissão do 1º cacho (início da frutificação).....	78
5.1.2.3 - Maturação (início, final e período da maturação).....	79
5.1.2.4 - Número de cachos por planta.....	84

5.1.2.5 - Peso médio das cascas, sementes e frutos.....	85
5.1.2.6 - Número de frutos por planta, peso médio da semente e peso médio do fruto.....	87
5.1.3 – Evapotranspiração diária da cultura (ETc).....	92
5.1.4 – Fertilidade do solo ao final do experimento.....	98
5.1.4.1 - Carbono orgânico (C-Org), matéria orgânica (M.Org) e nitrogênio orgânico (N-Org).....	99
5.1.4.2 – Fósforo no solo.....	100
5.1.4.3 – Potássio extraível do solo.....	101
5.1.4.4 – Cálcio, magnésio e sódio extraíveis do solo.....	103
5.1.4.5 – Hidrogênio (H) e alumínio (Al) no solo.....	107
5.1.4.6 – Potencial hidrogeniônico (pH) do solo.....	108
5.1.4.7 - Condutividade elétrica da suspensão solo água (CEsa).....	109
5.1.4.8 – Soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de bases (V%) e percentagem de sódio trocável (PST%).....	111
5.1.5 – Teores de macronutrientes nos tecidos foliares.....	114
5.1.6 – Teores de micronutrientes e sódio nos tecidos foliares.....	124
5.1.7 – Teor de óleo nas sementes.....	133
5.2 – EXPERIMENTO II – USO DE ÁGUAS SALINIZADAS.....	138
5.2.1 – Variáveis de crescimento.....	138
5.2.1.1 - Altura de plantas (AP).....	138
5.2.1.2 - Diâmetro caulinar (DC).....	141
5.2.1.3 - Número de folhas (NF).....	144
5.2.1.4 - Área foliar (AF).....	148
5.2.1.5 - Taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP).....	152
5.2.1.6 - Taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCR AP).....	155
5.2.1.7 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC).....	158
5.2.1.8 - Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC).....	160
5.2.2 – Variáveis de reprodução e produção.....	163
5.2.2.1 – Início da floração e da frutificação.....	163
5.2.2.2 – Início e final da maturação.....	164
5.2.2.3. - Número de cachos por planta.....	165
5.2.2.4 - Peso médio das cascas, sementes e frutos.....	165

5.2.2.5 – Peso médio do fruto e da semente	167
5.2.2.6 – Número de frutos.....	167
5.2.3 - Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad).....	170
5.2.4 - Evapotranspiração diária da cultura – ETc.....	171
5.2.5 - Salinidade do solo ao final do experimento.....	175
5.2.5.1 - Cátions e ânions solúveis (Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻).....	176
5.2.5.2 - RAS, PST, CEes e pHes.....	179
5.2.6 – Teores de macronutrientes dos tecidos foliares.....	181
5.2.7 – Teores de micronutrientes e sódio nos tecidos foliares.....	186
5.2.8 - Teor de óleo.....	191
5.3 – RESUMO COMPARATIVO DOS DOIS CICLOS DE PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO.....	192
6 – CONCLUSÕES.....	195
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	198
8 – APÊNDICE.....	212

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página	
1	Recomendação de adubação para cultura do pinhão-manso, de acordo com a idade das plantas.....	10
2	Recomendação de adubação foliar para a cultura do pinhão-manso.....	10
3	Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade.....	13
4	Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação.....	14
5	Características dos efluentes domésticos secundários.....	15
6	Tipos de reúso não potável e suas respectivas finalidades.....	16
7	Aumento de produtividade agrícola (t ha-1 ano-1) mediante a irrigação com água de esgotos domésticos.....	18
8	Classificação de solos afetados por sais.....	20
9	Atributos físico-hídricos e químicos (complexo sortivo) do material de solo. Campina Grande, PB, 2009.....	26
10	Características físico-químicas do efluente de esgoto bruto utilizado como água de irrigação no Experimento I. Campina Grande, PB, 2009.....	29
11	Características físico-químicas e microbiológicas do efluente de esgoto bruto. Campina Grande, PB, 2009.....	30
12	Tratos culturais e fitossanitários praticados durante a pesquisa. Campina Grande, PB, 2009..	33
13	Resumo das análises de regressão da altura de plantas (AP) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	40
14	Resumo das análises de variância e médias da altura de plantas (AP) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009...	43
15	Resumo das análises de regressão do diâmetro caulinar (DC) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	45
16	Resumo das análises de variância e médias do diâmetro caulinar (DC) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	47
17	Resumo das análises de regressão do número de folhas (NF) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	48
18	Resumo do desdobramento da análise de regressão da interação significativa do número de folhas (NF) do pinhão-manso aos 60 DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	51
19	Resumo das análises de variância e médias do número de folhas (NF) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009...	53
20	Resumo das análises de regressão da área foliar (AF) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	55
21	Resumo do desdobramento da análise de regressão da interação significativa da área foliar (AF) do pinhão-manso aos 30 DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	57
22	Resumo das análises de variância e médias da área foliar (AF) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	58
23	Resumo das análises de regressão da taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP) do pinhão-manso em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda - DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	60

24	Resumo das análises de variância e médias da taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	63
25	Resumo das análises de regressão da taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	65
26	Resumo do desdobramento da análise de regressão da interação significativa da taxa de crescimento relativo do pinhão-mansão no período de 30 a 60 DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	67
27	Resumo das análises de variância e médias da taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	69
28	Resumo das análises de regressão e médias da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009	70
29	Resumo das análises de variância e médias da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009	73
30	Resumo das análises de regressão e médias da taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009	74
31	Resumo das análises de variância da taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	77
32	Resumo das análises de regressão e médias do início da floração e frutificação (emissão do 1º cacho), início, final e período de maturação do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	80
33	Resumo dos desdobramentos das análises de regressão com interações significativas da emissão do primeiro cacho, do início e final da maturação do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	82
34	Resumo das análises de variância e médias do início da floração, emissão do 1º cacho, início, final e período de maturação do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	84
35	Resumo das análises de equação exponencial e regressão dos componentes de produção do pinhão-mansão (nº de cachos, peso médio das cascas, sementes e frutos, nº de frutos, peso médio da semente e peso médio do fruto). Campina Grande, PB, 2009.....	89
36	Resumo das análises de variância e médias dos componentes de produção do pinhão-mansão (nº de cachos, peso médio das cascas, sementes e frutos, nº de frutos, peso médio da semente e peso médio do fruto).Campina Grande, PB, 2009.....	90
37	Resumo do desdobramento das análises de equação exponencial da interação significativa do número de frutos do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	91
38	Resumo das análises de regressão da evapotranspiração diária (ETc) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009...	93
39	Resumo dos desdobramentos das análises de regressão com interações significativas da evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansão aos 90, 120, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	96

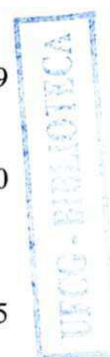


40	Resumo das análises de variância e médias da evapotranspiração diária (ETc) do pinhão-mansão ao 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	98
41	Resumo das análises de regressão dos atributos de fertilidade do solo (C-Org, M. Org., N, P, K, Ca, Mg, Na). Campina Grande, PB, 2009.....	105
42	Resumo das análises de variância e médias dos atributos de fertilidade do solo (C-Org, M. Org., N, P, K, Ca, Mg, Na). Campina Grande, PB, 2009.....	107
43	Resumo das análises de regressão dos atributos de fertilidade do solo (H, Al, pH H ₂ O (1:2,5), CEsa (dS m ⁻¹) 1:2,5 Soma das Bases-S, capacidade de troca catiônica-CTC, Saturação de Bases-V%, percentagem de sódio trocável-PST (%). Campina Grande, PB, 2009.....	112
44	Resumo das análises de variância e médias dos atributos de fertilidade do solo (H, Al, pH H ₂ O (1:2,5), CEsa (dS m ⁻¹) 1:2,5 Soma das Bases-S, capacidade de troca catiônica-CTC, Saturação de Bases-V%, percentagem de sódio trocável-PST (%). Campina Grande, PB, 2009.....	114
45	Resumo das análises de regressão dos macronutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg, S) do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	122
46	Resumo das análises de variância e médias dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) nos tecidos foliares do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	124
47	Resumo das análises de regressão dos micronutrientes (Cl, Fe, Zn, Cu, Mn) e sódio (Na) nos tecidos foliares do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	131
48	Resumo das análises de variância e médias dos micronutrientes (Cl, Fe, Zn, Cu, Mn) e sódio (Na) nos tecidos foliares do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	133
49	Resumo da análise de regressão do teor de óleo do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	136
50	Resumo da análise de variância e médias do teor de óleo do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.....	137
51	Resumo das análises de variância e médias para a altura de plantas (AP) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	139
52	Resumo das análises de variância e médias para o diâmetro caulinar de plantas (DC) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	142
53	Resumo das análises de variância e médias para o número de folhas (NF) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	146
54	Resumo das análises de variância e médias para a área foliar (AF) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	150
55	Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	153
56	Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	156

57	Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) de plantas do pinhão-mansó em oito períodos (0-30, 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	158
58	Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) de plantas do pinhão-mansó em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009.....	161
59	Resumo das análises de variância e médias para as variáveis de maturação do pinhão-mansó. Campina Grande, PB, 2009.....	164
60	Resumo das análises de variância e médias para as variáveis dos componentes de produção do pinhão-mansó (peso médio de cascas, peso médio de sementes, peso médio de fruto, peso médio de 1 fruto e número médio de frutos). Campina Grande, PB, 2009.....	168
61	Resumo das análises de variância e médias para a variável condutividade elétrica da água de drenagem (CEad). Campina Grande, PB, 2009.....	171
62	Resumo das análises de variância e médias para a variável evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansó aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009.....	173
63	Resumo das análises de variância e médias para as variáveis de salinidade do solo (0-20 cm) aos 240 dias após a poda – DAPd (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^-). Campina Grande, PB, 2009.....	178
64	Resumo das análises de variância e médias para as variáveis de salinidade do solo (0-20 cm) aos 240 dias após a poda – DAPd (RAS, PST, CEes, pHes). Campina Grande, PB, 2009.....	181
65	Resumo das análises de variância e médias para os teores de macronutrientes dos tecidos foliares do pinhão-mansó. Campina Grande, PB, 2009.....	185
66	Resumo das análises de variância e médias para os teores de micronutrientes e sódio dos tecidos foliares do pinhão-mansó. Campina Grande, PB, 2009.....	189
67	Resumo das análises de variância e médias para a variável teor de óleo do pinhão-mansó. Campina Grande, PB, 2009.....	192
68	Resumo comparativo dos resultados médios obtidos nos dois experimentos com água residuária em pinhão-mansó. Campina Grande, PB, 2009.....	193
69	Resumo comparativo dos resultados médios obtidos nos dois experimentos com águas salinas em pinhão-mansó. Campina Grande, PB, 2009.....	194

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Lisímetros de drenagem e recipientes coletores utilizados nos experimentos.....	25
2 Curva característica de retenção de umidade do solo dos experimentos.....	25
3 Poda drástica das plantas do pinhão-manso aos 396 dias após transplântio.....	27
4 Croqui com distribuição geral dos experimentos.....	28
5 Sistema de captação da água residuária à esquerda e à direita, no canto superior, o reservatório da água residuária.....	29
6 Recipientes com águas salinas.....	30
7 Altura de plantas do pinhão-manso aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	41
8 Evolução da altura de plantas do pinhão-manso ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	42
9 Diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	45
10 Evolução do diâmetro caulinar do pinhão-manso ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	46
11 Número de folhas do pinhão-manso aos 30, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	49
12 Interação do número de folhas do pinhão-manso, aos 60 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	49
13 Evolução do número de folhas do pinhão-manso ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	50
14 Área foliar do pinhão-manso aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	55
15 Interação do número da área foliar do pinhão-manso, aos 30 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	56
16 Evolução da área foliar do pinhão-manso ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	56
17 Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-manso em quatro períodos, 30-60, 60-90, 90-120 e 120-150 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	60
18 Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-manso em quatro períodos, 150-180 (A), 180-210 (B), 210-240 (C) e 30-240 dias após a poda – DAPd (D), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande,	



	PB, 2009.....	61
19	Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-mansinho em quatro períodos, 30-60 (interação) (A), 60-90, 90-120 e 120-150 dias após a poda – DAPd (B), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	65
20	Taxa de crescimento relativo da altura de planta do pinhão-mansinho em quatro períodos, 150-180 (A), 180-210 (B), 210-240 (C) e 30-240 dias após a poda – DAPd (D), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	66
21	Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansinho em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	71
22	Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansinho em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	75
23	Início da floração (A), emissão do 1º cacho (B), início da maturação (interação) (C), final da maturação (interação) (D) e período de maturação (E) do pinhão-mansinho, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	81
24	Número de cachos (A), peso médio de sementes, cascas e frutos (B), interação do número de frutos (C) e peso médio unitário da semente e do fruto (D) do pinhão-mansinho. Campina Grande, PB, 2009.....	89
25	Evapotranspiração diária da cultura - ETc do pinhão-mansinho aos 30, 60, 150 e 180 dias após a poda - DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	94
26	Interação da evapotranspiração diária da cultura - ETc do pinhão-mansinho aos 90 (A), 120 (B), 210 (C) e 240 (D) dias após a poda - DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	94
27	Evolução da evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansinho, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	95
28	Atributos da fertilidade do solo ao final da pesquisa do pinhão-mansinho: C-Org., M.-Org. (A), N (B), P (C), K (D), Ca (E), Mg (F) e Na (G), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	106
29	Atributos da fertilidade do solo ao final da pesquisa do pinhão-mansinho: H (A), Al (B), pH (C), CEs (D), soma das bases – S (E), capacidade de troca catiônica – CTC (F), saturação de bases-V% (G) e percentagem de sódio trocável-PST (H), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	113
30	Macronutrientes foliares, N, P, Ca e K (A), Mg (B) e S (C) do pinhão-mansinho, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	123

31	Micronutrientes foliares, Cl (A), Fe (B), Zn (C), Cu (D), Mn (E) e Na (F) do pinhão-mansoso, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	132
32	Teor de óleo das sementes do pinhão-mansoso em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009.....	136
33	Altura de plantas do pinhão-mansoso aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	140
34	Evolução da altura de plantas do pinhão-mansoso ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	141
35	Diâmetro caulinar de plantas do pinhão-mansoso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	143
36	Evolução do diâmetro caulinar de plantas do pinhão-mansoso ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	144
37	Número médio de folhas do pinhão-mansoso aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	147
38	Evolução do número de folhas de plantas do pinhão-mansoso ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	148
39	Área foliar de plantas do pinhão-mansoso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	151
40	Evolução da área foliar do pinhão-mansoso ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	152
41	Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-mansoso em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	154
42	Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-mansoso em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	157
43	Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansoso em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	159
44	Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansoso em	

	oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	162
45	Início da floração e frutificação (A) e início e fim da maturação do pinhão-manso (B), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	165
46	Componentes de produção do pinhão-manso (peso médio de cascas, peso médio de sementes, peso médio de fruto, peso médio de 1 fruto e número médio de frutos) aos 240 dias após a poda - DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	169
47	Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad). Campina Grande, PB, 2009.....	171
48	Evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	174
49	Evolução da evapotranspiração da cultura - ETc de plantas do pinhão-manso ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	175
50	Salinidade do solo (0-20 cm) aos 200 dias após a poda - DAPd (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} e HCO_3^{-}), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	178
51	Salinidade do solo (0-20 cm) aos 200 dias após a poda - DAPd (RAS, PST, CEes, pH da pasta de saturação), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	181
52	Teores de macronutrientes foliares do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	186
53	Teores de micronutrientes foliares do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	190
54	Teor de óleo das sementes do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.....	192

APÊNDICE

Apêndice	Página
Figura A1 Imagens ilustrativas dos experimentos com pinhão-manso	212

RESUMO

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E SALINIZADA - SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta oleaginosa, em processo de domesticação, com foco na produção de biodiesel. Visando-se a contribuir para o seu sistema de produção, realizaram-se, entre maio de 2008 e janeiro de 2009, dois experimentos em ambiente protegido, na área experimental do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG-PB, objetivando-se estudar os efeitos da irrigação com água residuária e águas salinizadas sobre o crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso no segundo ciclo de produção, após poda das plantas, além de seus impactos sobre o solo e o estado nutricional da planta, ao término da pesquisa. As plantas foram cultivadas em lisímetros de drenagem (200 L) contendo 230 kg de solo, não-salino, não-sódico. Para o Experimento I – uso de água residuária, adotou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados em esquema fatorial $5 \times 2 + 1$ com quatro repetições, sendo estudados 5 níveis de reposição de evapotranspiração da cultura - ETc - Nr ($Nr_1 = 25$; $Nr_2 = 50$; $Nr_3 = 75$; $Nr_4 = 100$ e $Nr_5 = 125\%$ da ETc), 2 sistemas de poda ('poda baixa' – plantas podadas a 40 cm de altura e, 'poda alta' – a 80 cm de altura) e 1 tratamento controle (irrigação com água do sistema público de abastecimento e sem restrição hídrica). No Experimento II – uso de águas salinizadas, os tratamentos consistiram de 5 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa ($N_1 = 0,60$; $N_2 = 1,20$; $N_3 = 1,80$; $N_4 = 2,40$ e $N_5 = 3,00$ dS m^{-1} a 25 °C), também no delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Antes do início desse experimento, todas as plantas foram podadas a 80 cm de altura. Em ambos os experimentos, a parcela foi constituída por dois lisímetros, cada um com uma planta e as irrigações foram realizadas em turno de 3 dias. Experimento I – uso de água residuária: o estresse hídrico afetou o crescimento do pinhão-manso sendo a área foliar a variável mais afetada. Em níveis baixos de reposição hídrica, como 25% ETc, correu em atraso de 65 dias no início da floração. A produção de frutos foi mais afetada que o crescimento. As plantas mais produtivas, irrigadas com 125% de evapotranspiração, chegaram a produzir mais de 400 g de sementes contendo 36,24% de óleo. A aplicação da água residuária fertilizou o solo. Ao final do experimento, melhorou soma de bases-S, a capacidade de troca catiônica-CTC, a saturação de bases - V e o pH aumentou linearmente com os índices de reposição hídrica. O sódio foi o elemento mais acumulado no limbo foliar (11.160 mg kg^{-1}). As plantas submetidas à poda alta (80 cm) foram mais precoces e mais produtivas. Em geral, as plantas irrigadas

com águas residuárias com níveis de reposição \geq a 50% da ETc, cresceram equivalente ou mais que as da testemunha e foram mais precoces. Em relação ao controle, a fertilidade do solo foi melhorada com a aplicação de água residuária, sendo mais perceptível sobre P, Ca, soma de bases (S), saturação de bases (V%) e capacidade de troca de cátions (CTC), com repercussão no N-foliar, P-foliar e Ca-foliar, mas sem melhoria na qualidade de óleo das sementes. Experimento II – uso de águas salinizadas: inicialmente, a salinidade da água de irrigação estimulou o surgimento de brotações, o número de folhas e a área foliar aos 30 dias após poda, cujos índices aumentaram com o incremento da CEa, aumentando a ETc. A partir de 90 dias, a ETc foi reduzida, linearmente, com o aumento da CEa. Ao final da pesquisa, a altura de plantas, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar do pinhão-mansão, foram afetados linearmente, com decréscimos de 2,52, 5,05, 15,45 e 12,17%, respectivamente, por aumento unitário da CEa. O início da floração (105 dias) e o início da frutificação (147 dias) assim como o início da maturação (188 dias) foram afetados, linearmente, pela salinidade da água, com atraso de praticamente duas semanas para cada dS m^{-1} . Os frutos do pinhão-mansão amadureceram dentro de 9 a 10 dias, independente do nível salino. Os componentes de produção foram afetados com reduções de até 90% nas plantas irrigadas com água de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$. As plantas irrigadas com água de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$, até os 240 dias após a poda, produziram entre 1 ou 2 cachos, cujos pesos unitários da semente e do fruto foram reduzidos em 20,60% e 27,92%, respectivamente, para cada aumento de 1 dS m^{-1} na CEa. Os íons solúveis se acumularam na solução do solo, segundo a sequência de concentração: $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{++} \cong \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$ ($29,05 > 17,39 > 10,00 > 9,40 \cong 9,22 > 0,36 \text{ mmolc L}^{-1}$), sem tornar o solo salino. Os teores de Ca, S, Zn e Cu estiveram abaixo dos valores adequados, reportados na literatura. O Na foi o elemento mais acumulado no limbo foliar ($15.477 \text{ mg kg}^{-1}$). O teor de óleo do pinhão-mansão irrigado com água salina é afetado linearmente. Decresceu em cerca de 30% o teor de óleo das plantas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (22,5% de óleo), comparadas às que receberam irrigação com $0,60 \text{ dS m}^{-1}$.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., irrigação, condutividade elétrica, evapotranspiração.

ABSTRACT

GROWTH AND DEVELOPMENT OF PHYSIC NUT PLANTS IRRIGATED WITH SALINE WATER AND SEWAGE WASTEWATER - SECOND PRODUCTION CYCLE

Physic nut (*Jatropha curcas L.*) it is an oleaginous plant, currently in domestication process and in researched for biodiesel production. Between May 2008 and January 2009, two experiments were installed and carried out in a greenhouse, at the Natural Resources and Technology Center at the Federal University of Campina Grande - PB with the objective of studying the effects of the irrigation with saline water and sewage wastewater on the growth and development of *Jatropha* plants at second cycle of production after being pruning, beyond to evaluation of its impacts on soil and plant nutritional status in the end of the research. The plants were grown in drainage lysimeters (200 L) containing 230 kg of non-saline and non-sodic soil. In Experiment I (use of wastewater), the statistical design in randomized blocks was adopted, in $5 \times 2 + 1$ factorial scheme with four replications, five 5 levels of irrigation (L_i) were studied, based on evapotranspiration replacement of the plant (ETc): L_i ($L_{i1} = 25$; $L_{i2} = 50$; $L_{i3} = 75$, = $L_{i4} = 100$ and $L_{i5} = 125\%$ ETc), 2 pruning heights ('pruning low' - plants pruned at the height of 40 cm, and 'high pruning' - plants pruned at 80 cm) and a control treatment (plants irrigated with water from public supply without hidric restriction). In Experiment II (use of saline water), treatments consisted of five levels of electrical conductivity of the irrigation water - ECw (0.6; 1.2; 1.8; 2.4 and 3.0 dS m^{-1} , at 25 °C), also arranged in the experimental design of randomized block with four replications. All the plants, in beginning, were pruned at 80 cm height. In both experiments, the experimental unit consisted of two lysimeters, each containing one plant. The plants were watered at 3 day intervals. Experiment I (use of wastewater): water stress affected the growth of physic nut plants, and the leaf area was much sensitive. Low levels of water replacement in the soil, as 25% ETc, causes delay of 65 days in the beginning of flowering. Fruit production was more sensitive than growth. Plants were more productive when irrigated with 125% of evapotranspiration, producing more than 400 g of seeds, on average, with oil content of 36.24%. The application of sewage wastewater improved the soil chemical properties. At 240 days after pruning, the initial concentrations of nutrients were increased by improving the sum of bases-S, cation exchange capacity-CEC and base saturation and, pH increased linearly with the rate of replacement levels. Sodium was the most accumulated in the leaves ($11,160 \text{ mg kg}^{-1}$). Plants subjected to high pruning (80 cm), fructified more and earlier and more productive.

In general, plants irrigated with wastewater with replacement levels more than 50% ETc had growth equivalent or significantly higher than those in control treatment, besides being earlier. Regarding the control, soil fertility was improved with the application of wastewater, with pronounced effect on the P, Ca, sum of bases (S), base saturation and cation exchange capacity - CEC, reflecting on N-leaf, P-leaf and Ca-leaf, but without improving the quality of seed oil. Experiment II (use of saline water): initially, the salinity of irrigation water stimulated the emergence of shoots, the number of leaves and the leaf area at 30 days after pruning, and their indexes increased with the increasing of ECw, leading to higher evapotranspiration. After 90 days of pruning, evapotranspiration rate was reduced linearly with increasing ECw. At 240 days after pruning, the plant height, stem diameter, leaf number and leaf area of physic nut were affected linearly with decreases of 2.52, 5.05, 15.45 and 12.17%, respectively, per unit of ECw increase. The beginning of flowering (105 days), fructification (147 days) and maturation (188 days) were affected, linearly, by salinity with delay of almost two weeks for each ECw increase (dS m^{-1}). The fruits ripened between 9 and 10 days, regardless of salinity level. The yield components were severely affected with reductions of up to 90% in plants irrigated with ECw equal to 3.00 dS m^{-1} . Plants irrigated with water of 3.00 dS m^{-1} until 240 days after pruning produced one or two fruit bunches. Individual weights of seed and fruit were significantly affected with reduction of 20.60% and 27.92% for each increase of 1 dS m^{-1} in irrigation water. Soluble ions were accumulated in the soil solution, in the following sequence of concentration: $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{++} \cong \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$ ($29.05 > 17.39 > 10.00 > 9.40 \cong 9.22 > 0.36 \text{ mmolc L}^{-1}$), characterize the soil as non-saline. Calcium, sulfur, zinc and copper levels were lower than the appropriate levels reported in literature. Sodium was the most accumulated element in the leaf ($15,477 \text{ mg kg}^{-1}$). The oil content of physic nut fruits was compromised when the plants were irrigated with saline water up to 0.60 dS m^{-1} ; plants irrigated with water of 3.0 dS m^{-1} (22.5% oil), compared to 0.60 dS m^{-1} (32.03% oil) had oil content reduced by about 30.55%.

Key-words: physic nut, irrigation, electrical conductivity, evapotranspiration.

1 – INTRODUÇÃO

O Brasil e o mundo buscam alternativas de fontes renováveis de matérias-primas oleíferas de qualidade, para produção em bases competitivas. As espécies convencionais são culturas “com domínio tecnológico” e cadeias produtivas em organização crescente ou já consolidadas, incluindo-se nessa agenda a soja, o girassol, a mamona, o algodão e o dendê. Dentre as espécies potenciais, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) tem sido considerado uma das alternativas de interesse, com acompanhamento, esforços, investimentos públicos, privados e está em processo de expansão de cultivo, caracterizado pela iniciativa privada de plantio comercial e por ações técnico científicas de domesticação, com experimentação científica e técnica continuada, objetivando transformá-la de espécie selvagem em espécie cultivada (DURÃES & LAVIOLA, 2009).

O pinhão-manso é uma planta da família *Euphorbiaceae*, introduzida no Brasil há séculos e ocorre dispersa em grande parte do território nacional (CÁCERES, PORTAS & ABRAMIDES, 2007); é produtora de óleo, com todas as qualidades necessárias para ser transformado em biodiesel. Além de perene e de fácil cultivo, as suas sementes se conservam facilmente, podendo se tornar boa fonte para produção opcional de combustível (TOMINAGA et al., 2007). Especialmente na década de 1980 e, mais recentemente, a partir de 2005, o pinhão-manso está sendo plantado em áreas comerciais e experimentais, visando à geração de tecnologia para a produção de óleos (DURÃES & LAVIOLA, 2009).

As plantas podem chegar a uma altura de 3 a 5 metros e quando cultivadas, necessitam de podas para controlar a altura, facilitando os tratos fitossanitários e a colheita. A poda é necessária, tanto para sua condução e limpeza, como, também, para emissão de mais ramos laterais, o que aumenta a eficiência no aproveitamento da luz solar, resultando em maior produção de frutos e sementes (ALVES et. al., 2008; MELO, LEE & MASSARO, 2008). Pode ser cultivado desde o nível do mar até altitudes superiores a 1.000m, adaptando-se tanto nos terrenos de encosta, áridos, como em solos úmidos, produzindo bem em terras de pouca fertilidade (VEDANA, 2008).

Devido às suas potencialidades, produtividade, rusticidade e, ainda, o fato de ser perene, além de poder ser utilizada como cultura consorciada (ARRUDA et. al., 2004; SATURNINO et al., 2005), essa oleaginosa tem potencial para atender ao Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB). E por ser considerada uma planta de crescimento rápido, vida longa, altamente adaptável a locais pobres, secos e sua exploração com fins industriais, segundo informações da literatura, a garantia de produção do pinhão-manso deverá ser maior com o

fornecimento de água via irrigação. Assim, é uma cultura com grande viabilidade de ser cultivada com uso de águas de qualidade inferior, como por exemplo, águas residuárias e salinizadas.

As águas de qualidade inferior, tais como as de efluentes de processos industriais e de esgotos, particularmente os de origem doméstica e as águas de drenagem agrícola devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o aproveitamento dessas fontes constitui-se, hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANHOL, 2003).

A aplicação de efluentes na agricultura, gerados em sistemas de tratamento por meio de lagoa de estabilização, já é prática comum em muitos países, fazendo parte de programas governamentais de irrigação e gestão de recursos hídricos, como ocorre em Israel, Egito, Austrália, Arábia Saudita, Tunísia e Chile (PESCOD, 1992). No Brasil, embora a prática do reúso de águas servidas ainda seja pequena, registram-se vários exemplos de utilização de esgotos sanitários em irrigação, em geral de forma espontânea e não controlada (BASTOS, 2003).

Existem, também, riscos potenciais da irrigação com águas de esgotos, destacando-se, dentre eles, a contaminação de alimentos e de aquíferos por nitrato, a salinização do solo e o acúmulo de compostos tóxicos orgânicos e de microrganismos no solo, criação de habitat para diversos vetores e eutrofização, crescimento excessivo de algas e vegetação em corpos hídricos e canais de distribuição de esgotos (LEÓN SUEMATSU & CAVALLINI, 1999).

A utilização de água salina na irrigação deve ser considerada uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, devendo-se garantir o seu uso de forma racional, através de um manejo cuidadoso (RHOADES, KANDIAH & MASHALI, 2000).

Em sua utilização, a alta concentração de sais em águas residuárias pode ser um fator de estresse para as plantas, pois reduz o potencial osmótico e proporciona a ação dos íons sobre o protoplasma. A água é osmoticamente retida na solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais a torna cada vez menos disponível para as plantas (RIBEIRO, MARQUES & AMARRO FILHO, 2001). Assim, com o aumento da salinidade, ocorre a diminuição do potencial osmótico do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes (AMORIM et al., 2002, LOPES & MACEDO, 2008). O estresse salino, conforme Izzo, Navari-Izzo & Quartacci (1991), é um dos mais sérios fatores a limitar o crescimento e a produção das culturas, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas em plantas superiores.

Maas & Hoffman (1977) e Maas (1986), todavia, reportam a existência de uma grande variabilidade de comportamento entre as culturas, em relação aos limites de tolerância à salinidade; dentro de uma mesma espécie pode haver variações entre genótipos e, ainda, para um mesmo genótipo, o nível de tolerância pode variar entre fases de desenvolvimento. Segundo Monterle et al. (2006), a capacidade de adaptação dos vegetais superiores aos solos salinos depende de alguns fatores, destacando-se a constituição fisiológica e o seu estágio de desenvolvimento.

A literatura disponível sobre a cultura do pinhão-manso ainda é bastante escassa, visto que passou a ser objeto de maior interesse nos últimos anos, com a crise do petróleo e a preocupação com os impactos ambientais causados por atividades antrópicas. Há necessidade de se conhecer a fisiologia e alguns aspectos agrônômicos desta planta. Nesta pesquisa, os estudos se voltam para a avaliação do crescimento e desenvolvimento da cultura do pinhão-manso irrigado com águas de qualidade marginal em ambiente protegido.

2 – OBJETIVOS

2.1 – Objetivo geral

Investigar diferentes níveis de reposição de água residuária e de salinidade sobre a fenologia, a capacidade produtiva e o estado nutricional das plantas de pinhão-manso submetidas à poda, em ambiente protegido, bem como, sobre a fertilidade e a salinidade do solo, no segundo ciclo de produção.

2.2 - Objetivos específicos

- ✓ Analisar níveis de estresses hídrico e salino sobre as variáveis de crescimento das plantas de *Jatropha curcas* L.;
- ✓ Avaliar o efeito da irrigação sobre os componentes de reprodução e de produção;
- ✓ Determinar a evapotranspiração da espécie no segundo ciclo de produção;
- ✓ Avaliar os impactos da irrigação com águas de qualidade inferior (água residuária e salinizada) sobre a fertilidade do solo e o estado nutricional de folhas.

3 – REVISÃO DE LITERATURA

3.1 – Aspectos gerais e botânicos da cultura

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é, também, conhecido por vários outros nomes, como: pinhão-da-índia, pinhão-de-purga, pinhão-de-cerca, pinhão-dos-barbados, pinhão-branco, pinhão-paraguaio, pinhão-bravo, purgante-de-cavalo, figo-do-inferno, mandobi-guaçu, medicineira, pinhão-croá, purgueira ou, simplesmente, purga (CÁCERES, PORTAS & ABRAMIDES, 2007).

Segundo Laviola (2009), o pinhão-manso é originário da América Central, vegetando as suas plantas espontaneamente, em diversas regiões do Brasil, onde foi introduzido de modo ainda pouco conhecido. É uma espécie perene, caducifólia, monóica, com flores masculinas e femininas na mesma inflorescência, e pertencente à família *Euphorbiaceae*; o porte é arbustivo-arbóreo de crescimento rápido, podendo atingir altura de 6 a 12 metros, com diâmetro do tronco acima de 20 cm, contendo látex. A superfície do tronco é lisa e esverdeada, com lenho pouco resistente e medula bastante desenvolvida; a ramificação pode ocorrer desde a base e se bifurca normalmente, a cada inflorescência (TOMINAGA et al., 2007). Ainda segundo esses autores, o pinhão-manso ocorre de forma espontânea, em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais e, por isso é considerado uma das mais promissoras oleaginosas do Brasil.

As folhas novas têm a cor vermelho-vinho mas se tornam verdes e brilhantes ao crescer; caem na época de seca ou na estação fria e a planta entra em repouso; no começo da primavera ou da época das chuvas, a planta rebrota e termina o período de repouso e, junto com as folhas novas, surgem as inflorescências; estas são brancas e formam buquê, com 10 a 20 flores femininas e mais de 50 masculinas. As flores femininas têm pedúnculo longo, enquanto as flores masculinas têm dez estames, cinco unidos na base e cinco unidos na coluna; localizando-se nas pontas das ramificações (TOMINAGA et al., 2007).

A abertura das flores femininas na mesma inflorescência ocorre em dias diferentes. Após abertura da primeira flor as outras se abrirão, diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos. A polinização é por insetos (abelhas, formigas, trips e moscas). Entre florescimento e maturação do fruto são decorridos cerca de 60 dias (DIAS et al., 2007).

Os frutos são do tipo cápsula ovóide, com 1,5 a 3,0 cm de diâmetro, trilocular, contendo, via de regra, 3 sementes, uma semente por lóculo. As dimensões das sementes variam entre 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1 a 1,3 cm de largura, representando entre 53 a 79% do

UEG-PILODCA

peso do fruto, com teor de óleo variando entre 33 e 38 % (LAVIOLA, 2009). O óleo da amêndoa, em média, é composto basicamente de 58,99% de ácido esteárico e oléico e 19,88% de ácido palmítico (PENHA et al., 2007). A espécie possui potencial para produzir acima de 1.200 kg de óleo por hectare, segundo Laviola (2009).

3.2 – Utilização e importância econômica

O pinhão-mansoso é uma espécie de importância não definida na cadeia alimentar, mas considerada uma matéria-prima potencial para o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB); possui algumas características desejáveis que a torna interessante ao programa, tais como: potencial de rendimento de grãos, qualidade do óleo para produção de biodiesel, espécie perene, alternativa de diversificação, possibilidade de inserção na cadeia produtiva da agricultura familiar, entre outras. No entanto, a espécie ainda não está domesticada e existem alguns desafios técnicos e científicos para a sua inserção na matriz energética do biocombustível (DURÃES & LAVIOLA, 2009).

Tanto o pinhão mansoso, como o pinhão-bravo, vêm sendo utilizados, comumente, como cerca viva, mas o pinhão mansoso é usado, também, para a extração de óleo que, dentre outras formas de utilização, serve para a fabricação de sabão e como purgativo para o gado bovino. No entanto, as pesquisas realizadas sobre o pinhão mansoso são bem recentes e, é preciso ser prudente, tanto quanto aos aspectos de cultivo, quanto ao de seu beneficiamento, para obtenção principalmente de óleo (BELTRÃO et al., 2008).

É alto o teor de óleo das sementes de pinhão-mansoso, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, situando-se entre os mais estudados biocombustíveis de origem tropical. Resultados com o óleo extraído do pinhão-mansoso, comparando-o com o diesel: o óleo tem 83,9% do poder calorífico do óleo em um motor diesel, para gerar a mesma potência, ruído mais suave e poluição bem menor (ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

Segundo Brasil (1985), nos países importadores, basicamente Portugal e França, as sementes de pinhão-mansoso passam pelo mesmo tratamento industrial que as bagas de mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subsequente em prensas tipo “expeller”, para extração do óleo que, em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando em um produto livre de impurezas.

A torta, contendo ainda, aproximadamente 8% de óleo, é re-extraída com solventes orgânicos, geralmente hexano, sendo o farelo residual ensacado para aproveitamento como fertilizante natural, pelos teores elevados de N, P, K e matéria orgânica que, quando desintoxicada, se transforma em ração animal; a casca pode ser usada como carvão vegetal

(ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997). Contudo, o óleo não pode ser utilizado como lubrificante em razão da baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, que podem provocar rápida resinificação; no entanto, pesquisas levaram à conclusão de que o óleo pode, também, ser utilizado como combustível em motores Diesel, sem qualquer tratamento prévio especial e com quase igual potência à conseguida como gasoil; porém, o consumo é, evidentemente, maior, devido à diferença do poder calorífico (CORTESÃO, 1956). Penido Filho & Villano (1984) produziram biodiesel de pinhão-manso e de várias outras oleaginosas para uso em motores produzidos pela FIAT e obtiveram boas características no combustível.

Além de produzir óleo, o pinhão-manso também pode ser utilizado para outros fins, tais como: a) substituição parcial do arame em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; b) pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras, como a baunilha (*Vanilla aromática*), visto que o tronco possui casca lisa e macia; c) atua como fixador de dunas na orla marítima (PEIXOTO, 1973). O plantio do pinhão-manso já é tradicionalmente utilizado como cerca viva para pastos no Norte de Minas Gerais, com a vantagem de não ocupar áreas importantes para outras culturas e pastagens e favorecer o consórcio nos primeiros anos, pois o espaçamento entre plantas é grande (PURCINO & DRUMMOND, 1986).

Nos países africanos, como Cabo Verde, Angola, Guiné, Moçambique, Zimbábue, o pinhão-manso é cultivado para a produção de sabão e como cerca-viva; nos últimos anos, seu plantio tem sido estimulado com a finalidade de produzir biodiesel, da mesma forma como vem ocorrendo nos países latinos (México, Porto Rico, Nicarágua, Honduras, Guatemala, Venezuela, El Salvador), nas Filipinas e na China e, existem, também, programas de incentivo do cultivo dessa planta no Egito e no Nepal (TOMINAGA et al., 2007).

Apesar do pinhão-manso ser utilizado na indústria de fiação de lã, de tinta para escrever, tinta de impressão e tintas para pintura, utilizado como óleo de lustrar e, quando cozido, misturado com óxido de ferro, para envernizar móveis, seu maior emprego ainda é nas saboarias; já foi muito usado em candeeiro doméstico e em iluminação pública, principalmente na cidade do Rio de Janeiro (ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

A denominação científica em grego “*Jatropha*” significa medicamento; de fato, na medicina humana e veterinária o pinhão-manso era bastante utilizado (CÁCERES, PORTAS & ABRAMIDES, 2007; TOMINAGA et al., 2007). As raízes da planta são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são empregadas para combater doenças de pele; são eficazes também contra o reumatismo e possuem poder anti-sifilítico, enquanto as sementes são utilizadas

como vermífugo ou purgante, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão-manso a uma globulina, a curcasina, e também ao ácido jatrópico de toxicidade igual ou superior à da ricinina. A ingestão de uma única semente fresca pode causar vômito e diarreia (PEIXOTO, 1973).

Segundo Purcino & Drummond (1986), o pinhão-manso está sendo considerado uma opção agrícola principalmente para a região Nordeste, por ser considerada uma espécie exigente em insolação. Para esses autores, esta é uma cultura que se pode desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como acontece com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da região Nordeste.

Como é uma cultura perene, segundo Peixoto (1973), pode ser utilizado na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria seca reduzindo, desta forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta.

3.3 - Cultivo do pinhão-manso

Apesar da carência de informações técnicas básicas, o seu cultivo vem sendo difundido e implantado em diversas regiões do Brasil. Segundo Laviola (2009), os plantios comerciais de pinhão-manso no Brasil ainda estão em fase inicial de implantação, com idade menor ou igual a 3 anos, não se conhecendo a real perspectiva de produção adensada em prazos superiores a esse. Conforme o autor, os materiais de pinhão-manso que estão sendo implantados são geneticamente desconhecidos e desuniformes e não possuem garantias mínimas quanto à adaptabilidade ambiental e potencial de produção de cada genótipo.

De acordo com Tominaga et al. (2007), o pinhão-manso é cultivado em vários países de clima tropical e subtropical. Na Índia, está sendo pesquisado e seu cultivo estimulado como parte do Programa Nacional de Produção de Biodiesel, o que poderá tornar aquele país, o principal produtor do pinhão-manso do mundo. Por outro lado, constitui fator econômico industrial no Arquipélago de Cabo Verde, em Angola, Guiné, Moçambique, nas Antilhas Britânicas, Filipinas, México, Porto Rico, Venezuela e El Salvador, sempre ao lado de outras culturas, sendo uma das maiores riquezas do Arquipélago de Cabo Verde, que já foi um dos principais produtores e exportadores mundiais de sementes de pinhão-manso (CORTESÃO, 1956; PEIXOTO, 1973).

No México, existe uma grande diversidade genética de pinhão-manso. O Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) também iniciou a

implantação de um banco com 400 genótipos de diversas zonas agroecológicas do País, como parte do processo de seleção de variedades que tenham potencial para utilização, tanto para a produção de biodiesel, quanto para o aproveitamento da torta como ração animal. Atualmente a utilização para os animais não é possível, por que o pinhão-manso contém ésteres de forbol que o tornam tóxico. Em relação à presença dos ésteres de forbol na torta do pinhão-manso, a Embrapa e o INIFAP estão em busca de materiais genéticos que não contenham tais compostos tóxicos (DURÃES, et al., 2011a).

Os desafios técnico-científicos do cultivo do pinhão-manso requerem a coordenação de esforços e recursos com foco em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Para fazer frente a essa demanda, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) articula e trabalha uma rede de PD&I, com alta densidade científica e tecnológica, envolvendo parceiros do Brasil e do exterior, somando esforços e otimizando o uso de recursos para, no menor prazo possível, definir tecnologias e estratégias que viabilizem a inserção do pinhão-manso na cadeia produtiva do biodiesel (DURÃES & LAVIOLA, 2009).

Estão em execução ações de pesquisa em todas as regiões brasileiras, incluindo a parte agrônômica, a produção do biodiesel, melhoramento genético e a destoxificação da torta do pinhão-manso. Na realização das atividades há uma parceria de 22 instituições, sendo 16 unidades da Embrapa, 5 universidades e uma Empresa de Pesquisa Agropecuária estadual (DURÃES, et al., 2011b).

Segundo Laviola (2009), nos últimos anos a Embrapa está trabalhando na implantação de um programa de melhoramento genético para pinhão-manso, visando à seleção de cultivares comerciais com alta produtividade de grãos e óleo, sem toxidez (ausência de ésteres de forbol), sincronização da floração, rusticidade, resistência, tolerância a seca a doenças e a insetos-praga, a estresses bióticos e abióticos, adaptadas às principais regiões produtoras do Brasil, entre outras características. Segundo esse autor, as atividades do programa contemplam ações que envolvem o enriquecimento e a caracterização dos recursos genéticos, o uso de métodos de melhoramento visando à obtenção de genótipos superiores e, por fim, à avaliação dos materiais melhorados nas diferentes regiões, para a indicação dos melhores materiais e dos sistemas de plantio.

Segundo Cortesão (1956) e Peixoto (1973), o pinhão-manso adapta-se a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde o Nordeste brasileiro até São Paulo e Paraná. Diferente da mamoneira, o pinhão-manso se adapta a altitudes baixas, como o nível do mar, até altitudes próximas a 1000 metros (SATURNINO et al., 2005). Seu cultivo é mais indicado em regiões com altitude entre 500 e 800 m. Em terrenos de encosta, áridos e expostos ao vento, se

desenvolve pouco, não ultrapassando 2 m de altura (CORTESÃO, 1956; PEIXOTO, 1973; DIAS et al., 2007).

3.3.1 – Clima e solo

O pinhão-manso pode ser encontrado sob diversas condições climáticas devido à sua rusticidade, tanto em regiões tropicais secas quanto nas equatoriais úmidas; suporta longas estiagens e terras de baixa fertilidade, com produções satisfatórias em tais condições (TOMINAGA et al., 2007).

O índice pluviométrico anual e, principalmente, a duração do período de chuva influenciam na produtividade. O número de floradas anuais, que é de 3 a 4 em regiões semi-áridas, pode chegar a mais de 6 nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, embora o excesso de chuva no período da colheita possa atrapalhá-la (TOMINAGA et al., 2007). O pinhão-manso tolera condições de pluviosidade de 480 a 2.380 mm por ano, sendo a produtividade bastante afetada pela irregularidade na distribuição das chuvas e pelos ventos fortes e prolongados na época da floração (SATURNINO et al., 2005); a planta se desenvolve melhor sob temperatura média de 18 a 28 °C e precipitação acima de 800 mm anuais, bem distribuída (DIAS et al., 2007). Segundo Tominaga et al. (2007), para uma boa produção o ideal é haver pluviosidade acima de 600 mm por ano.

O pinhão-manso é uma planta heliófila e produz bem em temperaturas médias anuais de 18,0 a 28,5 °C (TOMINAGA et al., 2007). Há relatos de que a planta tolera tanto altas quanto baixas temperaturas mas, nessas condições, seu crescimento é paralisado podendo haver desfolha total; não tolera geadas fortes, mas pode sobreviver a geadas fracas, perdendo, porém, todas as folhas, o que afeta a produção (SATURNINO et al., 2005).

As plantas podem ser cultivadas em diversos tipos de solo, inclusive naqueles com limitações para outros cultivos comerciais (TOMINAGA et al., 2007); no entanto, Dias et al. (2007) observaram que a planta se desenvolve melhor em solos profundos, bem estruturados e não compactados, para que o sistema radicular possa explorar maior volume de solo. Conforme os autores, devem-se evitar solos muito argilosos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem; enfim, a planta não tolera áreas encharcadas ou alagadiças.

O solo deve ser preparado com arado, de preferência de aiveca, devido ao melhor revolvimento e enterrio das sementes das plantas invasoras sendo, em seguida, nivelado por uma grade leve, desde que não seja aradora. O solo pode ser preparado seco ou no ponto da friabilidade, dependendo de sua textura e estrutura. Em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5, as raízes do pinhão não se desenvolvem tornando-se conveniente a realização de calagem com base

na análise química do solo, a qual indicará a quantidade de calcário, gesso, macro e micronutrientes necessários para satisfazer a exigência da cultura (DIAS et al., 2007).

3.3.2 - Adubação

O pinhão-mansinho sobrevive bem em solos pobres e secos, podendo desenvolver-se em áreas marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas, porém, para se obter altas produtividades, deve-se pensar em solos com boa fertilidade, corrigidos e com bom teor de umidade (TOMINAGA et al., 2007). Na cova de plantio, o solo deve conter elevado teor de nutrientes, pois na fase de muda o sistema radicular do pinhão-mansinho tem baixa eficiência de absorção; além disso, a planta entra em produção já no primeiro ano de cultivo e, quanto melhor for o seu estabelecimento inicial no campo maior será a produtividade inicial da cultura (DIAS et al., 2007). Esses autores recomendam adubação de produção em função da idade do pinhão-mansinho (Tabela 1).

Tabela 1 – Recomendação de adubação para cultura do pinhão-mansinho, de acordo com a idade das plantas

Idade da planta (ano)	g/planta	Formulado
0 a 1	120 a 150	20-00-15
1 a 2	160 a 200	20-10-15
3 a 4	300 a 375	20-10-15
4 a 5*	600 a 750	20-10-15

*A partir do 5º ano de cultivo seguir a recomendação de adubação para o 4º ano. Fonte: Dias et al. (2007)

A adubação foliar (Tabela 2) deve ser realizada em duas a três aplicações ao ano e ainda se recomenda a adição de enxofre à calda de pulverização de micronutrientes para prevenir ataque de ácaro branco e oídio (DIAS et al., 2007).

Tabela 2 – Recomendação de adubação foliar para a cultura do pinhão-mansinho

Produto	Concentração (g/L de água)*
Ácido bórico	3-4
Sulfato de zinco	3-4
Cloreto de potássio	3-4
Sulfato de cobre	3-4
Enxofre	3-4

*Duas a três pulverizações por ano. Fonte: Dias et al. (2007)

De acordo com Tominaga et al. (2007), a adubação de cobertura com nitrogênio deve ser feita após o pegamento das mudas, ou seja, cerca de dois ou três meses após plantio, quando sua altura chega a quase 1 m. Recomenda-se aplicar 40 g de N por planta, na forma de uréia ou sulfato de amônio. A partir do segundo ano, a adubação de cobertura deve ser feita logo após a

primeira chuva e dependendo do resultado da análise do solo, além do nitrogênio devem ser aplicados também fósforo e potássio (TOMINAGA et al., 2007).

3.4 – Evapotranspiração da cultura

Um dos procedimentos utilizados para estimativa das necessidades de água das culturas envolve a determinação de evapotranspiração de referência (ET_o) a qual, mediante o emprego de coeficiente de cultivo (K_c) apropriado, permite estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) nos diferentes estádios de seu desenvolvimento (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração tem sido, há muito tempo, objeto de estudo de muitos pesquisadores. Allen et al. (1998) apresentaram a terminologia de evapotranspiração máxima (ET_c), como um parâmetro que expressa o consumo hídrico das culturas sob condições de suprimento de água adequado. Segundo os autores, a ET_c se refere à perda de água de uma cultura agrônômica sem restrições de água e em qualquer estágio de desenvolvimento.

A determinação da ET_c é imprescindível não só na agricultura irrigada como, também, útil na agricultura de sequeiro, visto que permite o ajustamento de época de semeadura dentro da estação de crescimento, em função da disponibilidade hídrica média da região, determinando maior eficiência no aproveitamento das precipitações pluviais, além de possibilitar a identificação da necessidade de utilização de irrigações suplementares. O conhecimento da ET_c é de considerável importância não só no aspecto físico e biológico mas, também, na engenharia aplicada, tendo em vista que em uma área irrigada o dimensionamento dos equipamentos hidráulicos leva em consideração tal parâmetro (PAVANI, 1985).

A evapotranspiração da cultura pode ser medida diretamente através de lisímetros ou evapotranspirômetros e estimada pelos métodos do balanço hídrico do solo, balanço de energia sobre a cultura ou modelos micrometeorológicos. São diversos os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, sendo a escolha de um ou de outro baseado principalmente no tipo de dado disponível em estações meteorológicas e na precisão requerida para determinação das necessidades hídricas das culturas (SEDIYAMA, 1987).

3.5 - Qualidade e quantidade de água

Segundo Medeiros & Gheyi (1994), normalmente a salinidade em áreas irrigadas é consequência do uso de água de qualidade inadequada associado ao sistema do manejo solo-água-planta e qualquer que seja sua fonte a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e a qualidade dos íons presentes possam variar bastante.

O problema da salinidade, em áreas irrigadas, agrava-se quando o balanço de sais na entrada é maior que na saída, indicando um acréscimo de concentração salina na área considerada (MEDEIROS, 1992). Nessas condições, a água de irrigação, além de contribuir para o acréscimo da concentração salina, pode também provocar a ascensão do lençol freático que, através de capilaridade, passa a aumentar a quantidade água e a concentração de sais na zona radicular. Como as plantas absorvem quantidades pouco significativas de sais e a evapotranspiração remove apenas a água, deverá ocorrer um aumento da concentração salina do solo (BLANCO, 1999).

A manutenção ou incremento da produtividade em uma área irrigada requer um balanço favorável de sais na zona radicular. Os sais da água aplicada devem ser lavados para horizontes mais profundos do solo, para lençóis subterrâneos ou para o sistema de drenagem, de tal forma que as massas de sais que deixam a área sejam iguais ou maiores do que as que são aplicadas com a água de irrigação; é importante, também, que sejam aplicadas quantidades adequadas de água para que os níveis do lençol subterrâneo não se elevem a ponto de atingir a superfície do solo, caso em que seria necessária a construção de um sistema de drenagem de alívio oneroso; dever-se-á, portanto, alcançar um balanço, de tal forma que se aplique, às terras irrigadas, quantidade de água suficiente a fim de fornecer a umidade necessária para o crescimento das plantas e para a lavagem dos sais da zona radicular, porém em volumes para que os níveis de água subterrânea não se elevem à superfície (GHEYI, QUEIROZ & MEDEIROS, 1997).

O manejo da irrigação compreende um conjunto de procedimentos que devem ser adotados para assegurar o suprimento adequado de água à cultura, durante suas diferentes fases de desenvolvimento, de forma eficiente e econômica, reduzindo as perdas de água e nutrientes, porém sem redução do rendimento. Frequentemente, é antieconômico manter a cultura irrigada em um nível de potencial mátrico que permita a máxima produtividade fisiológica (FRIZZONE, 1990).

Em uma 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 (University of California Committee of Consultants - UCCC) e por Ayers & Westcot (1999), 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 isto não ocorre, sugerem que, para classificação quanto à salinidade, seja utilizada a proposição do UCCC citada em Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1977) e tampouco genérica, como a de Ayers & Westcot (1999).

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

Classe de salinidade	RICHARDS (1977)	UCCC ¹	Risco de salinidade	AYERS & WESTCOT (1999)	
	Faixas de CE _{Ei} (dS m ⁻¹)			Faixas de CE _{Ei} (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	-	-

FORNE: Ayers & Westcot (1999)

¹UCCC – University of California Committee of Consultants

Os sais são adicionados à água através do uso doméstico e industrial; as quantidades adicionadas diferem entre as localidades, podendo variar entre 100 e 800 mg L⁻¹; em geral, dentro de uma mesma localidade, as variações são pequenas e, em alguns casos, mesmo em concentrações relativamente baixas, os sais adicionados são suficientes para alterar a qualidade da água de aceitável para questionável, do ponto de vista agrícola (FEIGIN, RAVINA & SHALHEVET, 1991).

Sais dissolvidos em águas residuárias interagem com o solo por meio de troca iônica, dispersão e floculação de argilas (BOUWER & CHANEY, 1974). Quando presentes no solo ou na água, eles podem reduzir a disponibilidade de água para as culturas, afetando o rendimento (AYERS & WESTCOT, 1999). Maiores concentrações de sais na solução de percolação do solo podem ocorrer se a quantidade de água residuária adicionada (mais a precipitação) não for muito maior que a evapotranspiração (BOUWER & CHANEY, 1974).

Três são os principais aspectos relacionados à composição dos efluentes que, segundo Feigin, Ravina & Shalhevet (1991), constituem riscos de salinização e sodificação de solos quando utilizados como água na agricultura:

- (i) a concentração total de sais na água pode causar aumento da salinidade do solo;
- (ii) as concentrações de certos íons, como Cl^- e Na^+ , podem causar, direta ou indiretamente, efeitos tóxicos às plantas, incluindo desequilíbrio nutricional;
- (iii) as concentrações de certos íons (principalmente Na^+ e HCO_3^-) podem resultar na deterioração da estrutura do solo e, conseqüentemente, na redução da permeabilidade.

O acúmulo de sódio, cloro ou boro em cultivos sensíveis a altas concentrações desses elementos, causa danos às plantas e redução da produtividade (AYERS & WESTCOT, 1999). Alguns constituintes isolados, como o boro, são tóxicos, mesmo em pequenos teores, como por exemplo, $1,0 \text{ mg L}^{-1}$. O boro é necessário em quantidades relativamente pequenas e se torna tóxico quando ultrapassa tais níveis. Para algumas culturas, por exemplo, se o nível essencial de boro na água é de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$, as concentrações de $1,0$ a $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ são tóxicas. Os sintomas de toxicidade na maioria das culturas surgem quando a concentração foliar de boro excede 250 a 300 mg kg^{-1} de matéria seca; surgem, geralmente, manchas amarelas ou secas nas bordas e no ápice das folhas mais velhas (AYERS & WESTCOT, 1999).

As diretrizes para avaliar a qualidade da água para irrigação se encontram na Tabela 4. O estado da Califórnia, Estados Unidos, foi o pioneiro na implantação de programas, critérios e diretrizes básicas para a aplicação de esgotos tratados em solos agrícolas (SOUZA, 2006).

Tabela 4 - Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação

Problema potencial	Grau de restrição para uso		
	Nenhum	Ligeiro e Moderado	Severo
Salinidade			
CEai (dS m^{-1} ; mmhos cm^{-1})	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT (mg L^{-1})	< 450	450 – 2000	> 2000
Toxicidade de Íons Específicos			
Cloreto ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)			
Irrigação por superfície	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	< 3,0	> 3,0	---
Boro (mg L^{-1})			
	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Sódio			
Irrigação por superfície [RAS: (mmol L^{-1}) ^{1/2}]	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	< 3,0	> 3,0	---
Nitrogênio N-NO_3^- (mg L^{-1})			
	< 5,0	5,0 – 30,0	> 30,0

FONTE: Ayers & Westcot (1999)

Tem-se na Tabela 5, as características dos efluentes domésticos secundários quanto à sua constituição; em geral, a irrigação com efluentes de esgotos sanitários traz efeitos benéficos ao solo com a incorporação de matéria orgânica, porém, este aspecto também deve ser monitorado e controlado. Existe uma estreita relação entre a matéria orgânica disponível no solo e a desnitrificação; podendo o carbono orgânico induzir à desnitrificação, causando graves perdas de NO_3^- (FEIGIN, RAVINA & SHALHEVET, 1991).

Tabela 5 - Características dos efluentes domésticos secundários

Atributo	Unidade	Concentração
Sólidos totais	mg L^{-1}	400-1200
Sólidos totais suspensos	mg L^{-1}	10-100
Sólidos totais dissolvidos	mg L^{-1}	400-1000
Demanda química de oxigênio – DQO	mg L^{-1}	100-180
Carbono orgânico dissolvido – COD	mg L^{-1}	30-160
Nitrogênio total	mg L^{-1}	10-50
Nitrogênio – nitrato	mg L^{-1}	0-10
Nitrogênio – amônio	mg L^{-1}	1-40
Fósforo total	mg L^{-1}	6-17
Cloretos	mg L^{-1}	40-200
Alcalinidade (carbonato de cálcio)	mg L^{-1}	200-700
Sódio	mg L^{-1}	50-250
Potássio	mg L^{-1}	10-40
Cálcio	mg L^{-1}	20-120
Magnésio	mg L^{-1}	10-50
Boro	mg L^{-1}	0-1
pH	-	7,8-8,1
Relação de adsorção de sódio – RAS	$(\text{mmol L}^{-1})^{1/2}$	4,5-7,9

FONTE: Feigin, Ravina & Shalhevet (1991)

3.5.1 - Importância do uso de águas residuárias na agricultura

Atualmente, cresce a importância do uso racional da água; no entanto, pouco ainda se tem registrado sobre a utilização direta de efluentes, tratados ou não, na agricultura. De acordo com Bastos (2003), há diversos exemplos de utilização espontânea de esgotos tratados ou não no Nordeste do País, incluindo o plantio de milho, melancia, abóbora e capim para alimentação animal, mas a utilização indireta de esgotos sanitários no Brasil, com certeza, é prática corrente, haja vista a quase inexistência de tratamento de esgotos no País. Além disso, vários estudos sobre a qualidade de águas de irrigação ou de hortaliças comercializadas em diversas regiões do Brasil há muito reforçam os indícios da prática disseminada de irrigação com água de esgotos, ao menos de forma indireta (BASTOS, 2003).

Na Tabela 6, se apresentam alguns tipos de reutilização de efluentes e suas respectivas finalidades.

Tabela 6 – Tipos de reuso não potável e suas respectivas finalidades

Tipo de reuso	Finalidades
Agricultura	- Irrigação de culturas regionais - Irrigação de áreas de pastagens
Pecuária	- Dessedentação de animais
Recreação e público	- Irrigação de parques - Campo esportivo - Lagoas ornamentais
Indústria	- Torre de resfriamento - Troca de calor - Caldeira
Diluição de esgotos	- Manutenção de vazões mínimas de cursos de água nas condições de lançamento
Doméstico	- Descarga sanitária - Lavagem de carro - Área verde de condomínio
Aqüicultura	- Produção de peixes e camarões - Plantas aquáticas
Recarga de aquíferos	- Complementação do nível de aquíferos em região litorânea

FONTE: Sousa & Leite (2003)

De acordo com Mancuso & Santos (2003), os esgotos domésticos quando tratados, podem ser usados para fins potáveis e não potáveis, sendo que a reutilização para fins não potáveis é a mais indicada por ser mais simples, ter menos custo e oferecer menos riscos à saúde; desta forma, as características químicas, físicas e biológicas do efluente produzido durante o tratamento do esgoto, definirão a finalidade de uso da água.

As culturas industriais não requerem efluentes de alta qualidade mas estão sendo irrigadas com águas tratadas. A irrigação dessas culturas com águas residuárias brutas pode ser de pouco risco, em virtude de se tratar de produtos industrializados, porém se constitui num risco para os trabalhadores.

Quando as águas residuárias domésticas são lançadas sem tratamento prévio em rios e lagos, esses corpos receptores são contaminados com altas concentrações de vírus, bactérias, protozoários e helmintos, os quais podem gerar graves problemas para a saúde pública. O manejo inadequado das águas residuárias veicula enfermidades virais, bacterianas e parasitárias, como diarreias, febre tifóide, paratifóide, cólera, hepatite infecciosa, amebíase, giardíase, etc. Como é difícil detectar e quantificar os microrganismos patogênicos causadores dessas enfermidades, os engenheiros sanitaristas e as autoridades de saúde pública utilizam, como indicadores da contaminação, os 'CF' (Coliformes Fecais), quantificados através do teste do número mais provável de CF em 100 mL de água – NMP (100 mL)⁻¹. A maioria dos efluentes industriais possui demanda bioquímica de oxigênio (DBO) muito alta; todavia, a concentração de CF é menor do que nos efluentes domésticos e a diferença faz com que os resíduos industriais

constituam um impasse ecológico e os esgotos domésticos representem um problema de saúde pública; ambos influenciam na deterioração geral da água (LEÓN SUEMATSU & CAVALLINI, 1999).

A agricultura é a atividade que mais consome água doce, fazendo com que o aproveitamento agrícola de efluentes de esgoto tratado, gerados em lagoas de estabilização, seja prática comum em muitos países. No Brasil, só recentemente o uso de efluente de lagoas de estabilização na agricultura vem sendo considerado (BASTOS, 2003).

A presença de nutrientes em efluentes de esgoto é um aspecto favorável, em se tratando da irrigação de culturas agrícolas e florestais, mas indesejável para o lançamento desses resíduos em corpos d'água. Piveli & Doria (2003), em estudo das condições operacionais do sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização em Lins, SP, verificaram baixa remoção de nitrogênio total e de fósforo total por este sistema biológico de tratamento. Os autores sugerem que esforços devem ser envidados no sentido de melhorar as características dos efluentes para o lançamento nos corpos de água naturais (atenção voltada para constituintes químicos e biológicos) ou para a sua disposição no solo (maior preocupação com constituintes biológicos).

Em estudos realizados em diversos países, foi verificado aumento da produtividade agrícola em sistemas de irrigação com esgotos adequadamente administrados (HESPANHOL, 2002), como, por exemplo, alguns resultados experimentais (Tabela 7), obtidos em Nagpur, Índia, em estudo de irrigação das culturas do trigo, feijão, arroz, batata e algodão.

No contexto da irrigação de culturas agrícolas com efluentes de esgoto, é oportuno considerar que as águas residuárias têm mais impurezas que águas de fontes naturais, podendo ser potencialmente prejudiciais, dependendo de suas características e das práticas de manejo adotadas para o seu uso (VAZQUEZ-MONTIEL, HORAN & MARA, 1996). Podem ocorrer sérios problemas ambientais, como lixiviação de nitrato, aumento de elementos tóxicos em solos e plantas e riscos à saúde humana, devido a microrganismos patogênicos (VAZQUEZ-MONTIEL, HORAN & MARA, 1996; HESPANHOL, 2002).

Tabela 7 - Aumento de produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) mediante a irrigação com água de esgotos domésticos

Irrigação efetuada com	Trigo 8 anos⁽¹⁾	Feijão 5 anos⁽¹⁾	Arroz 7 anos⁽¹⁾	Batata 4 anos⁽¹⁾	Algodão 3 anos⁽¹⁾
Esgoto bruto	3,34	0,90	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água+NPK	2,70	0,72	2,03	17,16	1,70

⁽¹⁾ Número de anos para cálculo da produtividade média

FONTE: Resultados experimentais obtidos em Nagpur, Índia, pelo Instituto Nacional de Pesquisa de Engenharia Ambiental (NEERI), citados por Hespanhol (2002)

Kouraa et al. (2002) obtiveram resultados positivos com a irrigação de culturas de alface e batata com efluente de esgoto tratado, por meio de lagoas de estabilização. O efluente de esgoto supriu quase, totalmente, as quantidades de N, P e K requeridas pelas culturas. Johns & McConchie (1994) constataram a eficiência do efluente como fonte de água e de nutrientes no cultivo de bananeiras. Segundo os autores, a adição de 600 mm de efluente tratado pode fornecer 21 % de N, 100 % de P, 21 % de K, 20 % de Ca e 50 % de Mg do total de nutrientes necessários, anualmente, para a produção de bananas.

O uso de águas residuárias na agricultura pode melhorar a produtividade das culturas reduzindo a necessidade do uso de fertilização mineral e permitindo um suprimento considerável de nitrogênio, tanto na forma orgânica como mineral (MELI et al., 2002). Onde o efluente de esgoto é aplicado em pequenas quantidades, o solo é predominantemente aeróbico e o N do efluente será convertido em NO_3^- (BOUWER & CHANEY, 1974).

Maiores aumentos das concentrações de NO_3^- , Ca^{+2} e P disponível foram observados por Johns & McConchie (1994), em camadas superficiais de solos irrigados com efluente de esgoto, do que em solos irrigados com água doce, porém aumentos da concentração de Na^+ foram observados tanto em camadas superficiais, quanto em camadas profundas, em tratamentos de irrigação com efluente de esgoto ou água doce.

Aumentos do pH em solos de campo (quatro anos de irrigação) e de floresta (17 anos de irrigação), irrigados com efluente, foram observado por Smith, Hopmans & Cook (1996); no entanto, Johns & McConchie (1994) constataram, na camada de 0 a 20 cm de um solo irrigado para cultivo de bananeiras, decréscimo de pH de 0,55 unidades nos tratamentos com água e de apenas 0,31 unidades nos tratamentos com efluente.

Johns & McConchie (1994) notaram, ainda, que as bananeiras irrigadas com efluente contêm teores mais elevados de certos elementos em comparação às plantas irrigadas com água

doce: 225% a mais de sódio, 81% a mais de boro, 43% a mais de cobre, 26% a mais de cloro e cerca de 16% a mais de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio.

Após 15 anos de irrigação com efluente de esgoto, Meli et al. (2002) constataram aumento na quantidade de nutrientes disponíveis no solo e na eficiência metabólica da microflora edáfica.

Monte & Souza (1992) avaliaram a aplicação do efluente final de água residuária doméstica tratada, em um sistema de lagoa de estabilização do tipo facultativa, comparada com água potável misturada a fertilizante comercial para irrigação das culturas de milho, sorgo e girassol, utilizando irrigação por gotejamento e sulco e constataram haver aumento na produção com o uso de efluente, com economia de cerca de 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 110 kg ha⁻¹ de K₂O, com o uso de efluente de esgoto. Quanto aos efeitos de contaminação das culturas, não verificaram presença de coliformes fecais, embora fossem necessárias análises mais detalhadas.

De acordo com pesquisas realizadas no estado do Ceará, por Araújo (2000), o reúso informal de efluentes tratados provenientes de lagoas de estabilização, já faz parte do cenário da agronomia urbana (irrigação e piscicultura), ocorrendo em, pelo menos, nove sistemas da Região Metropolitana de Fortaleza, englobando a piscicultura da tilápia nilótica e o reúso direto na irrigação de maracujá, coco, forragem e culturas hortícolas.

3.5.2 - Salinização e sodificação de solos

A presença de sais em excesso, oriundos do próprio solo ou da água de irrigação, reduz a disponibilidade de água para as plantas, a tal ponto que afetam seu rendimento. O processo de lixiviação ou lavagem de sais é uma operação fundamental no controle dos problemas relacionados com a salinidade. Obviamente, tal manejo é dependente, em especial, da qualidade da água e da tolerância das culturas à salinidade (AYERS & WESTCOT, 1999).

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, na Percentagem de Sódio Trocável (PST) e pH, segundo classificação de solos sódicos e salinos, elaborada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos e descrita em Richards (1977). 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 'PST' indica os efeitos do Sódio trocável sobre as propriedades do solo. A linha divisória entre solos salinos e solos não-salinos tem estabelecido o valor de 4,0 dS m⁻¹ para extratos da pasta saturada do solo; entretanto, pode-se encontrar plantas sensíveis a sais, passíveis de ser afetadas em solos cujo extrato de saturação apresente 'CE' entre 2,0 e 4,0 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 $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (BOHN, McNEAL & O'CONNOR, 1985). A classificação tradicional e a mais recente classificação proposta, são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Classificação de solos afetados por sais

Solos	Classificação tradicional (Richards, 1977)	Classificação proposta (Bohn, McNeal & O'Connor, 1985)
Não salinos	CEes < $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50	CEes < $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50
salinos	CEes > $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50	CEes > $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50
Sódicos	CEes < $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH > 8,50	CEes < $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH > 8,50
Salino-sódicos	CEes > $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH < 8,50	CEes > $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH < 8,50

Percentagem de sódio trocável (PST)

Diversas medidas de laboratório são utilizadas para a diagnose de problemas em solos salinos e sódicos. Além da Razão de Adsorção de Sódio (RAS), são medidas importantes o pH e a 'CE' de extrato aquoso e de saturação, tal como a determinação da 'PST' a partir de análises químicas do solo. A 'CE' de soluções é uma medida facilmente realizada no laboratório, apresentando relação linear com a concentração de sais em solução (RAIJ, 1991). O índice 'PST' indica a proporção de sódio adsorvida no complexo de troca de cátions do solo e é determinada pela Equação 1, podendo também ser estimada em função da 'RAS' pela Equação 2:

$$PST = \frac{Na^+}{CTC} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$PST = \frac{100 (-0,0126 + 0,01475 * RAS)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 * RAS)} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que:

PST = percentagem de sódio trocável (%)

Na^+ = concentração de sódio trocável ou adsorvido ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ou $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$)

CTC = capacidade de troca de cátions do solo ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ou $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$)

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

Valores limites de 'PST' que causam deterioração da estrutura do solo, podem variar; em solos australianos, por exemplo, quando a 'PST' excede 6%, o solo é considerado sódico e

está sujeito a degradações estruturais, embora a 'PST' de valor 6 seja baixa comparada com o valor 15% adotado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos como indicador de deterioração da estrutura do solo (RENGASAMY & OLSSON, 1993). Sumner (1993) relata que o valor de PST > 15%, adotado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, foi baseado em medições de condutividade hidráulica, utilizando água com concentração eletrolítica total muito elevada (3-10 mmol_c L⁻¹), comparada com concentração eletrolítica da água utilizada em estudos australianos (< 0,7 mmol_c L⁻¹).

Teores relativamente altos de sódio ou baixos de cálcio no solo e água, reduzem a velocidade com que a água de irrigação atravessa a superfície do solo, redução esta que pode chegar a tal magnitude, não recebendo as raízes das plantas água suficiente entre as irrigações (AYERS & WESTCOT, 1999).

A grande proporção de Na⁺, nos sítios de troca dos minerais de argila, reduz a atração entre as partículas do solo, ocasionando expansão e dispersão. As partículas dispersas se movem pelo solo, ocupando os espaços porosos, com conseqüente deterioração da estrutura do solo e das propriedades de infiltração de água e aeração, sendo problema sério em solos alcalinos, afetando o crescimento vegetal (RAIJ, 1991; RENGASAMY & OLSSON, 1993).

3.5.3 – Efeitos dos sais sobre as plantas

A salinidade exerce uma variedade de efeitos sobre o desenvolvimento das plantas e na qualidade da produção, dependendo de vários fatores, tais como: natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento fenológico, condições atmosféricas em função de seus efeitos na taxa de evapotranspiração, além do manejo de irrigação (AYERS & WESTCOT, 1999).

Plantas adversamente afetadas pela salinidade crescem mais lentamente e são, por esta razão, atrofiadas; as folhas são menores mas podem ser mais espessas do que as de plantas normais e sua coloração, em plantas afetadas por estresse salino, muitas vezes é um verde mais escuro; ocorre, também, o atrofiamento dos frutos, das folhas e dos caules, sintomas característicos de culturas anuais (STROGONOV, 1964).

Segundo Allison (1964) & Tayer (1987), em termos generalizados, os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais, são:

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

3.5.3.1 – Efeito osmótico

O excesso de sais na solução do solo afeta o desenvolvimento das plantas, em virtude da diminuição do potencial osmótico que, junto com o potencial mátrico, representa as resistências que as raízes das plantas têm que vencer para absorver água do solo (AYERS & WESTCOT, 1999). O aumento da pressão osmótica pode atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar este gradiente e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica (MEDEIROS, PEREIRA & PEREIRA, 1997); entretanto, de acordo com Bernstein (1975), as plantas em meio salino podem aumentar sua concentração osmótica interna pela produção de ácidos orgânicos e açúcares, processo (mecanismo) denominado de ajustamento osmótico.

Em condições salinas, ocorre redução na disponibilidade de água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo, o seu potencial total será reduzido, 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).

Segundo Fageria (1989), sob condições de seca fisiológica é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, reduzindo a taxa de transpiração, como alternativa para manter a absorção de água; uma dessas adaptações é a redução do número de folhas, pois a área foliar é uma importante variável, diretamente relacionada com os processos fisiológicos das plantas, em geral.

O fato de a área foliar diminuir com o aumento da salinidade na água de irrigação e, conseqüentemente, na solução do solo, também se relaciona com um possível mecanismo que a planta desenvolve para diminuir a transpiração. As reduções da área foliar e da fotossíntese contribuem, de certo modo, para a adaptação da planta à salinidade; tal redução na área foliar pode aumentar, indiretamente, a concentração total de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico, a menos que os solutos se elevem para níveis tóxicos em compartimentos celulares específicos da folha (LAUCHLI & EPSTEIN, 1990).

3.5.3.2 – Efeito tóxico do íon (Efeito direto)

A toxicidade de íons ocorre internamente na planta e, em geral, se origina quando certos cátions, absorvidos com a água do solo, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocar danos. Por sua vez, os danos podem reduzir,

significativamente, e sua magnitude depende do tempo, da concentração dos íons, da sensibilidade das plantas e do uso de água pelas culturas. Esses íons específicos podem ser tóxicos ou causar deficiência de outros nutrientes; os íons tóxicos contidos, comumente, nas águas de irrigação, são o cloreto, o sódio e o boro, e os danos podem ser provocados, individualmente, ou em combinação (ELOI, 2007).

3.5.3.3 – Efeito nutricional (Efeito indireto)

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. 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 (FAGERIA, 1984).

Diversos trabalhos, com espécies vegetais de interesse agrônomo, evidenciam que o estresse salino provoca distúrbios na absorção e distribuição da maioria dos nutrientes minerais essenciais, de tal forma que a nutrição e o crescimento da planta ficam comprometidos (IZZO, 1993).

O sódio é, em geral, o elemento mais abundante nos solos salinos (Borges & Oliveira, 2000). O aumento da concentração de íon Na^+ é acompanhado, na maioria das vezes, de redução na absorção de K^+ nos tecidos vegetais (KHATUM & FLOWERS, 1995). Esse efeito antagônico entre os elementos minerais interfere, diretamente, na capacidade produtiva da maioria das glicófitas.

Em plantas cultivadas em solos salinos, o cloreto (Cl^-) desempenha um papel importantíssimo, sendo um dos solutos que contribui para reduzir o potencial osmótico celular e facilitar a absorção de água (Chiesa, 1993). O cloro é absorvido pelas raízes e folhas na forma de cloreto e apresenta grande mobilidade na planta. O acúmulo excessivo desse ânion, entretanto, provoca clorose e necrose das folhas, ocasionando queda de produção (Marschner, 1995).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Localização dos experimentos

Foram realizados dois experimentos, “Uso de água residuária de esgoto doméstico” e “Uso de água salina”, em ambiente protegido, em instalações pertencentes à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, vinculada ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG-PB), Campina Grande, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 07° 13' S, longitude 35° 53' W e altitude média 550 m.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982), é do tipo “Csa”, que representa um clima mesotérmico semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno.

4.2 – Cultura estudada

A pesquisa foi realizada com o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), seleção FT-02, cedida pelo Instituto Fazenda Tamanduá, localizado no município de Santa Terezinha – PB. Os experimentos foram realizados e avaliados no segundo ciclo de produção da cultura, após poda drástica, durante o período de maio de 2008 e janeiro de 2009.

4.3 – Procedimento experimental

Foram utilizados 80 lisímetros de drenagem com capacidade de 200 L (D = 0,58m e H = 0,75 m), instalando-se na base o sistema de drenagem, composto por tela, 5 L de brita, 5L de areia e, mangueira conectada a dois recipientes coletores externos de 2 L (Figura 1). Em cada lisímetro foram colocados, sobre a base de drenagem, cerca de 230 kg de material de solo devidamente destorroado, adubado e corrigido, conforme resultados da análise química.



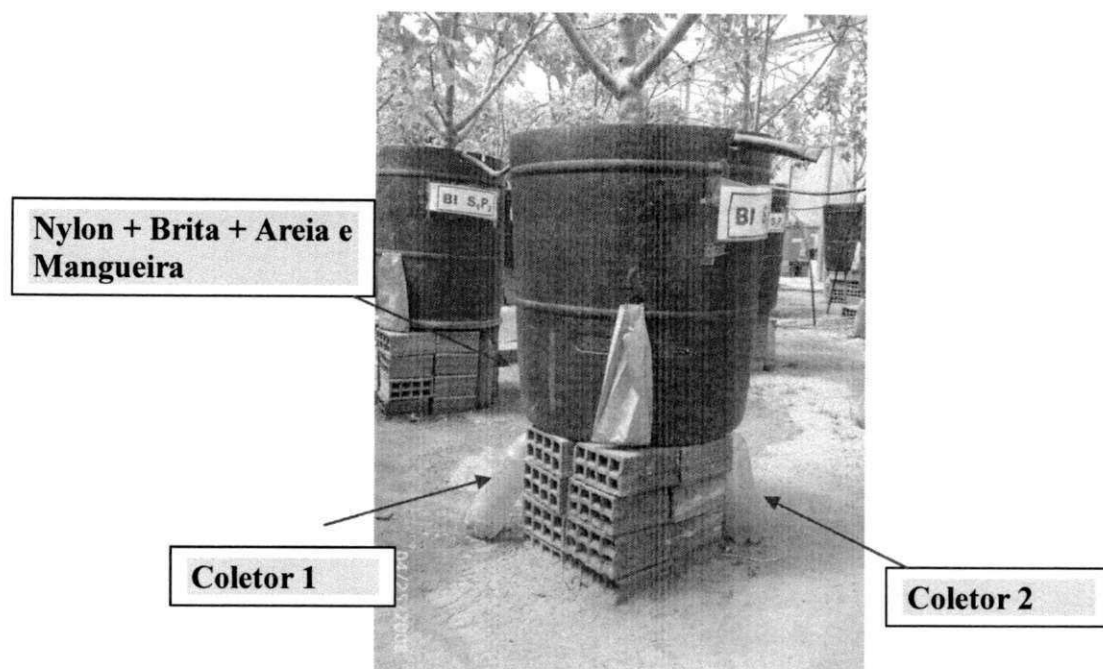


Figura 1 - Lisímetros de drenagem e recipientes coletores utilizados nos experimentos

4.4 – Material de solo

O material de solo foi coletado na profundidade de 0-30 cm (horizonte A) de um ARGISSOLO ACINZENTADO Eutrófico, procedente do distrito de São José da Mata (Campina Grande). As análises físico-hídricas e químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade - LIS da UFCG, de acordo com metodologia contida em manual da EMBRAPA (1997). A curva característica de retenção de umidade do solo, determinada no LIS, está apresentada na Figura 2 e os demais resultados das análises, na Tabela 9.

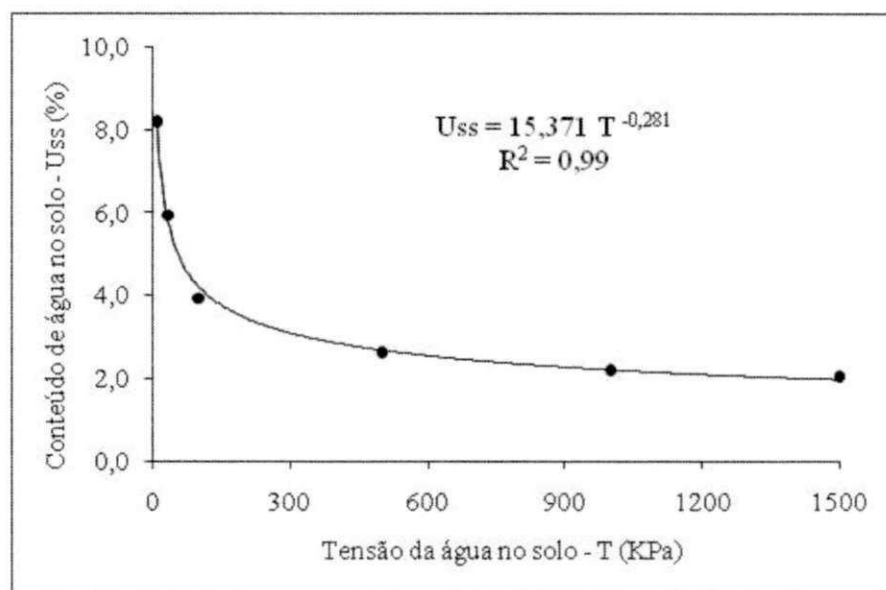


Figura 2 – Curva característica de retenção de umidade do solo dos experimentos

Tabela 9 - Atributos físico-hídricos e químicos (complexo sortivo) do material de solo. Campina Grande, PB, 2009

Atributo físico-hídrico	Unidade	Valor
Areia	g kg ⁻¹	733
Silte	g kg ⁻¹	84
Argila	g kg ⁻¹	183
Classificação textural	-	Franco-arenoso
Densidade do solo (ds)	g cm ⁻³	1,60
Densidade das Partículas (dp)	g cm ⁻³	2,75
Porosidade (ε)	%	41,82
Capacidade de Campo (10,13 kPa) (CC)	g kg ⁻¹	82,0
Ponto de Murchamento (1519,87 kPa) (PM)	g kg ⁻¹	20,5
Água Disponível (AD)	g kg ⁻¹	61,5

Atributo químico (complexo sortivo)	Unidade	Valor
		Antes (Após) Calagem
Cálcio (Ca ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,67 (1,25)
Magnésio (Mg ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	1,19 (1,55)
Sódio (Na ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,03 (0,03)
Potássio (K ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,07 (0,30)
Soma das bases (S)	cmol _c kg ⁻¹	1,96 (3,16)
Hidrogênio (H ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,55 (0,20)
Alumínio (Al ⁺⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,80 (0,05)
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	cmol _c kg ⁻¹	3,31 (3,38)
Saturação de bases (V)	%	59,21 (93,49)
Porcentagem de Sódio Trocável (PST)	%	0,91 (0,89)
Carbono orgânico (C-Org.)	g kg ⁻¹	1,10 (1,10)
Matéria orgânica (M.O.)	g kg ⁻¹	1,90 (1,90)
Nitrogênio (5 % M.O.) (N-Org.)	g kg ⁻¹	0,10 (0,10)
Fósforo assimilável (P)	mg kg ⁻¹	0,10 (81,60)
pH em água (1:2,5) (pH)	-	5,20 (6,18)
CE da suspensão solo-água (1:2,5) (CEsa)	dS m ⁻¹	0,19 (0,229)

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG)

4.5 – Poda das plantas

Ao final do primeiro ciclo de produção, aos 396 dias após transplântio (DAT), foi efetuada poda drástica nas plantas com a finalidade de reduzir o porte e estimular novas brotações (Figura3). Nas plantas irrigadas com água salina, realizou-se poda a 80 cm de altura e nas plantas cultivadas com água residuária, foram dois sistemas de poda: poda ‘baixa’ – plantas podadas a 40 cm e, poda ‘alta’ – plantas podadas a 80 cm de altura. A partir daí, as observações foram anotadas em dias após poda (DAPd).

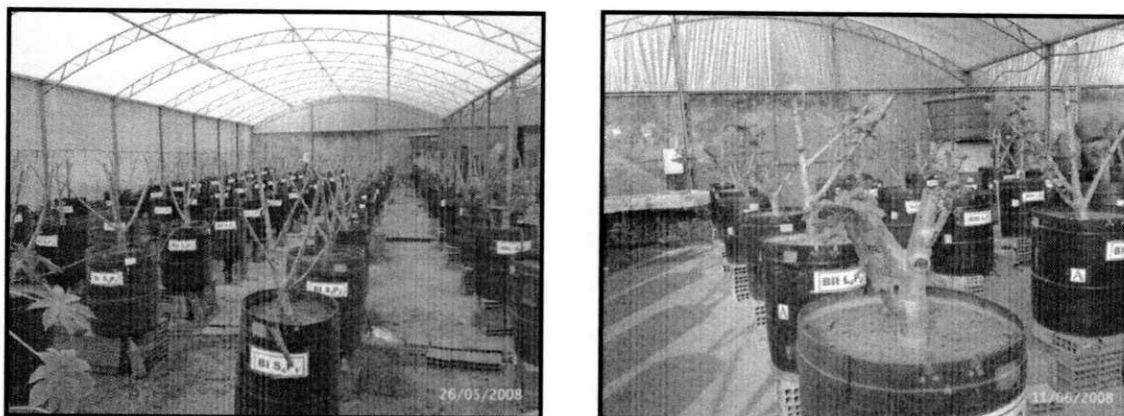


Figura 3 – Poda drástica das plantas do pinhão-mansó aos 396 dias após o transplantio.

4.6 – Adubações

Por ocasião do preenchimento dos lisímetros, no 1º ciclo de produção, foram realizadas as práticas de calagem e adubação mineral de plantio. A adubação de plantio baseou-se em metodologia descrita por Novais, Neves e Barros (1991), para experimentos conduzidos em ambientes protegidos: 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O. Para a prática de calagem foram adotados os procedimentos recomendados pela Embrapa CNPA para a cultura da mamoneira (MELO, BELTRÃO & SILVA, 2003).

4.7 – Tratamentos e delineamento experimental

Do total de 80 lisímetros, 40 foram irrigados com águas de diferentes níveis de condutividade elétrica (salinidade) e 40 com água residuária de esgoto doméstico. Para o experimento com água salina, foi utilizado o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com 4 repetições.

Para o experimento com água residuária, utilizou-se do delineamento de blocos ao acaso, com esquema de análise fatorial (5 x 2) + 1, com 4 repetições, sendo estudados: 5 níveis de reposição da evapotranspiração - Nr (Nr1, Nr2, Nr3, Nr4 e Nr5); 2 tipos de poda (P) ('alta' e 'baixa'), sendo a poda 'alta' – quando as plantas foram podadas a 80 cm de altura e poda 'baixa' – plantas podadas a 40 cm, mais 1 tratamento controle ou testemunha (plantas irrigadas com água de abastecimento público e sem restrição hídrica).

Na Figura 4 está apresentado um croqui com uma visão geral dos experimentos. As plantas foram espaçadas de 1,70m x 1,40m dentro do bloco e, entre blocos, o espaçamento de 1,60 m.

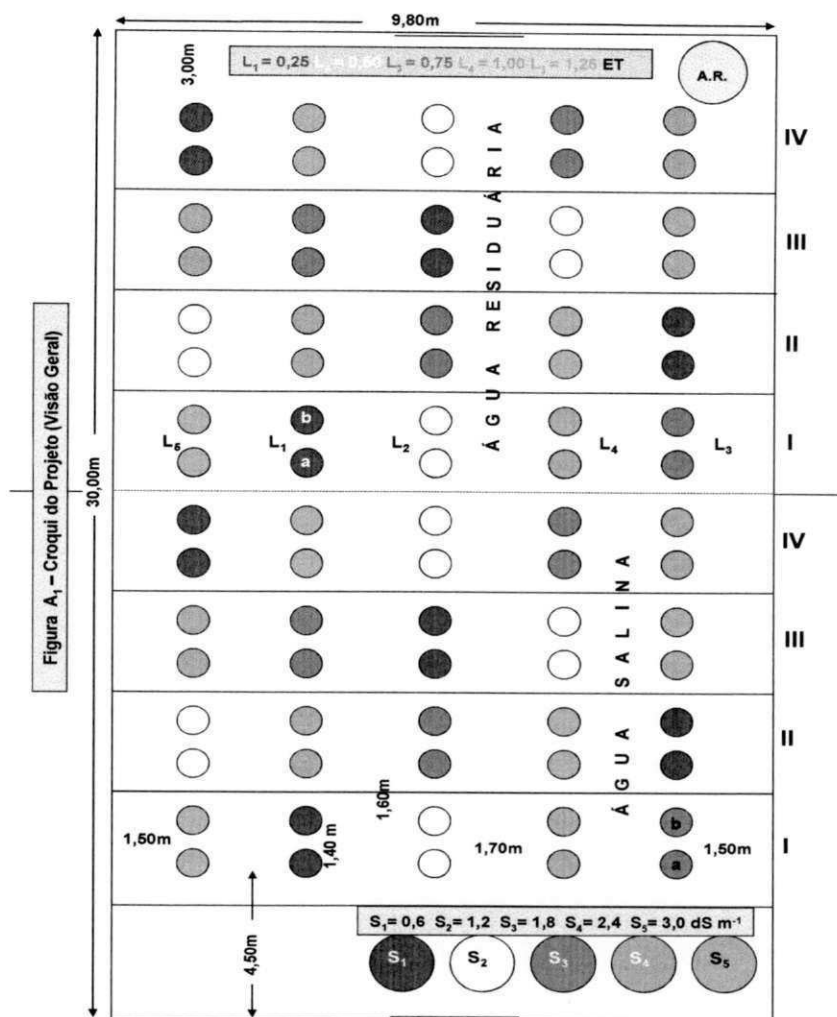


Figura 4 – Croqui com distribuição geral dos experimentos

4.7.1 – Experimento I – Uso de água residuária

Para esse experimento foi utilizada água residuária proveniente do Riacho Bodocongó, poluído com esgotos de um bairro da cidade de Campina Grande, passando ao lado da área experimental. Foram adotadas cinco lâminas de irrigação, com base em índices de evapotranspiração da cultura - ETC: $Nr_1 = 0,25$; $Nr_2 = 0,50$; $Nr_3 = 0,75$; $Nr_4 = 1,00$ e $Nr_5 = 1,25$ ETC, e quatro repetições, constando a parcela de 2 plantas cultivadas em vasos separados. O manejo das irrigações foi controlado mediante uso de planilha eletrônica.

O sistema de captação da água de irrigação foi composto por um recipiente de 250L (Figura 5), com suas paredes perfuradas e envolvido por tela de malha de 1 mm, moto-bomba Anauger submersa ('bomba sapo') com potência de 370 W, tubulação de recalque com 100 m de mangueira de polietileno $\frac{3}{4}$ e reservatório com capacidade de 1000 L (Figura 5), instalado no interior da casa de vegetação.



Figura 5 – Sistema de captação da água residuária à esquerda e à direita, no canto superior, o reservatório da água residuária

4.7.1.1 - Análises físico-químicas e microbiológicas da água residuária

Foram realizadas análises físico-químicas (Tabela 10) e microbiológicas (Tabela 11) da água residuária no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG e no Laboratório do Programa de Saneamento Básico – PROSAB. Nas amostras de água foram determinados: microorganismos, demanda química de oxigênio (DQO), pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, amônia, nitrato, nitrito, fósforo total, acidez/alcalinidade, sólidos totais, sólidos suspensos totais. Os métodos analíticos empregados seguiram metodologia de APHA (1995).

Tabela 10 - Características físico-químicas do efluente de esgoto bruto utilizado como água de irrigação no Experimento I. Campina Grande, PB, 2009.

Atributo	Média	Desvio Padrão - S	Coefficiente de Variação - CV(%)
pH	7,79	0,41	5,20
CE (dS m ⁻¹)	1,40	0,09	6,36
Classe de água	C3	C3	C3
Cálcio (mg L ⁻¹)	56,10	5,02	8,95
Magnésio (mg L ⁻¹)	39,04	8,42	21,56
Sódio (mg L ⁻¹)	141,80	8,63	6,09
RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	3,55	0,20	5,65
N-total (mg L ⁻¹)	31,50	4,58	14,53
Fósforo (mg L ⁻¹)	4,60	0,65	14,17
Potássio (mg L ⁻¹)	26,82	2,53	9,44
Cloretos (mg L ⁻¹)	197,28	23,55	11,94
Sulfato (mg L ⁻¹)	34,97	21,54	61,60
Bicarbonatos (mg L ⁻¹)	478,75	103,43	21,60
Carbonatos (mg L ⁻¹)	40,80	47,52	116,46
Ferro (mg L ⁻¹)	2,45	4,21	172,01
Zinco (mg L ⁻¹)	0,013	0,002	16,14
Cobre (mg L ⁻¹)	0,005	0,001	21,91
Manganês (mg L ⁻¹)	0,10	0,027	26,83
Dureza Total – CaCO ₃ (mg L ⁻¹)	296,04	20,37	6,88
TDS (mg L ⁻¹)	892,83	56,64	6,34

Médias obtidas de seis repetições; Fonte: Adaptado de Rodrigues (2008)

UFGC - REPOSITÓRIO

Tabela 11 - Características físico-químicas e microbiológicas do efluente de esgoto bruto. Campina Grande, PB, 2009.

Atributo	Média	Desvio Padrão - S	Coefficiente de Variação - CV(%)
NTK (mg L ⁻¹)	31,46	6,98	22,16
P Total (mg L ⁻¹)	4,91	0,73	14,87
DQO (mg L ⁻¹)	106,80	28,59	26,77
Helmintos (ovos L ⁻¹)	153,20	59,96	39,14
Coliformes fecais (CF 100mL ⁻¹)	1,44E+05	1,14E+05	79,17
Sólidos totais (mg L⁻¹)	1116	187,92	16,84
Sólidos voláteis (mg L ⁻¹)	190	18,53	9,75
Sólidos fixos (mg L ⁻¹)	926	181,04	19,55

Médias obtidas de cinco repetições; Fonte: Adaptado de Rodrigues (2008)

4.7.2 – Experimento II – Uso de águas salinizadas

Para o segundo ciclo de produção, à semelhança do primeiro ciclo, as águas salinas para irrigação foram constituídas de cinco níveis de condutividade elétrica (CEai), ($N_1 = 0,6$; $N_2 = 1,2$; $N_3 = 1,8$; $N_4 = 2,4$ e $N_5 = 3,0$ dS m⁻¹) e quatro repetições, sendo cada repetição constituída de 2 plantas, cultivadas em vasos separados, perfazendo um total de 40 vasos (5 níveis x 4 blocos x 2 vasos/parcela). Para o preparo das soluções salinas foram utilizados os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente 7:2:1, entre os cátions Na : Ca : Mg, relação esta presente na maioria das águas de pequenos mananciais do Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992). As águas preparadas foram acondicionadas em recipientes fechados (Figura 6).

Para as irrigações foi adotado um turno de rega de 3 dias. As plantas foram irrigadas sob diferentes frações de lixiviação, 4, 8, 12, 16 e 20% para as plantas irrigadas com S₁, S₂, S₃, S₄ e S₅, respectivamente. O manejo das irrigações foi controlado mediante uso de planilha eletrônica.

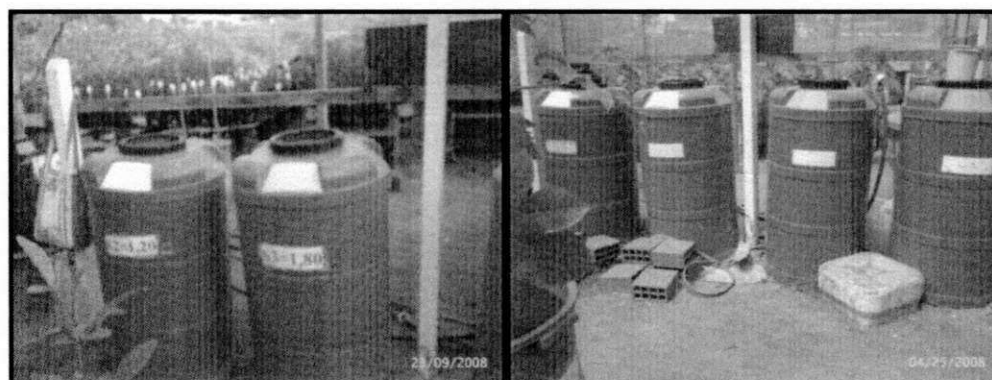


Figura 6 – Recipientes com águas salinas

4.7.3 - Irrigações

O início da aplicação dos tratamentos ocorreu aos 3 DAPd. As irrigações foram efetuadas com o uso de proveta volumétrica. Nas plantas irrigadas com água residuária, no experimento I, as lâminas 'Nr₄' (1,0xET) e 'Nr₅' (1,25xET) foram manejadas de modo a drenar cerca de 2% e 25%, respectivamente. Os volumes de água aplicados nos tratamentos Nr₁ (0,25xET), Nr₂ (0,50xET) e Nr₃ (0,75xET) foram calculados em função do balanço hídrico em 'Nr₄', conforme equações abaixo:

$$VA(Nr_1) = 0,25*(VANr_{4,n-1}-VDNr_{4,n-1}) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$VA(Nr_2) = 0,50*(VANr_{4,n-1}-VDNr_{4,n-1}) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$VA(Nr_3) = 0,75*(VANr_{4,n-1}-VDNr_{4,n-1}) \quad (\text{Eq. 5})$$

$$VA(Nr_4) = (VANr_{4,n-1}-VDNr_{4,n-1})/0,98 \quad (\text{Eq. 6})$$

$$VA(Nr_5) = (VANr_{5,n-1}-VDNr_{5,n-1})/0,75 \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que:

VA = Volume de água aplicado (mL)

VD = Volume de água drenado (mL)

Nr_i = Nível de reposição (i= 1, 2, 3, 4, 5)

n-1 = Irrigação anterior

Assim, (VANr_{4,n-1}-VDNr_{4,n-1}) corresponde ao volume de água consumido (volume aplicado menos o volume drenado) em 'L₄' no evento de irrigação anterior (n-1) e, (VANr_{5,n-1}-VDNr_{5,n-1}) corresponde ao volume de água consumido (volume aplicado menos o volume drenado) em 'L₅' no evento de irrigação anterior (n-1).

Nas ocasiões em que o volume de drenagem em Nr₄ foi muito diferente de 2% arbitrou-se lâmina aplicada, aumentando ou diminuindo os volumes de irrigação, quando na irrigação anterior não drenou muito além de 2%, respectivamente.

No experimento II, (uso de águas salinizadas), as plantas foram irrigadas sob diferentes frações de lixiviação, 4, 8, 12, 16 e 20% para as plantas irrigadas com N₁, N₂, N₃, N₄ e N₅, respectivamente. As irrigações foram manejadas e controladas mediante uso de planilha eletrônica contendo o balanço hídrico durante o período experimental.

4.8 – Tratos culturais e fitossanitários

Periodicamente, foram realizados os tratos culturais e fitossanitários, como adubações de cobertura, adubações foliares e aplicações de produtos para o controle de pragas (Tabela 12).

As adubações de cobertura (g/planta/ano), com base em recomendações de Dias et al. (2007), foram feitas mensalmente, durante o período experimental, aplicando-se uréia 45%N, superfosfato simples 20%P₂O₅ e K, alternando-se cloreto de potássio (KC - 58%K₂O) e sulfato de potássio (K₂SO₄ - 48%K₂O).

As adubações foliares foram realizadas, também, mensalmente, com aplicação de Albatrós 1,8g/L (N-P-K-Mg: 7-17-35-3 + micronutrientes).

Apesar do pinhão-mansão ser considerado, por diversos autores, como resistente à pragas e doenças, foram verificadas diversas pragas, sendo controladas mediante pulverizações, sempre que necessário. Dentre as pragas, foi verificado ataque de cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*), mosca branca (*Bemisia tabaci*), ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) e ácaro vermelho (*Tetranychus desertorum*).

O controle do ácaro foi realizado através da aplicação do acaricida, cujo ingrediente ativo é conhecido como Abamectina + óleo vegetal Agro-oil. A cigarrinha verde foi controlada com extrato de folhas do pinhão-roxo (*Jatropha gossypifolia* L.), obtendo-se 100% do controle. Foram adotadas todas as medidas culturais indicadas para o controle e a rotação dos agroquímicos com extratos vegetais, objetivando-se evitar o surgimento de resistência.

Também foi realizada, durante o período experimental, remoção do excesso de folhas axilares, não funcionais, das plantas e essa prática ocorreu sempre que surgiam tais formações, objetivando-se não ser afetada a produção de frutos.



Tabela 12 – Tratos culturais e fitossanitários realizados durante a pesquisa. Campina Grande, PB, 2009

Data (DAPd)	Atividade/Prática	Observação
26/05/2008	Poda das plantas	40 e 80 cm (Águas Residuárias) 80 cm (Águas Salinas)
3	Aplicação dos tratamentos	
30	Adubação de cobertura	7,42g Uréia + 8,33g Superfosfato simples + 4,33g KCl
45	Adubação foliar	Albatrós 1,8g/L(N-P-K-Mg: 7-17-35-3) + micronutrientes
58	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Vertimec 18 CE 1 mL L ⁻¹ + Óleo vegetal Agro-Oil 0,50%. Volume aplicado: 0,30 L/planta
60	Adubação de cobertura	7,42g Uréia + 8,33g Superfosfato simples + 4,33g KCl
73	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Vertimec 18 CE 1 mL L ⁻¹ + Óleo vegetal Agro-Oil 0,50%. Volume aplicado: 0,30 L/planta
75	Adubação foliar	Albatrós 1,8g/L(N-P-K-Mg: 7-17-35-3) + micronutrientes
88	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Vertimec 18 CE 1 mL L ⁻¹ + Óleo vegetal Agro-Oil 0,50%. Volume aplicado: 0,40 L/planta
90	Adubação de cobertura	7,42g Uréia + 8,33g Superfosfato simples + 4,33g KCl
103	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	ACTAR (5g/10L)
105	Adubação foliar	Albatrós 1,8g/L(N-P-K-Mg: 7-17-35-3) + micronutrientes
118	Tratamento contra Ácaro Branco, e fungos	KUMULUS ® DF
120	Adubação de cobertura	7,42g Uréia + 8,33g Superfosfato simples + 5,21 g K ₂ SO ₄
132	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Vertimec 18 CE 1 mL L ⁻¹ + Óleo vegetal Agro-Oil 0,50%. Volume aplicado: 0,50 L/planta
135	Adubação foliar	Albatrós 1,8g/L(N-P-K-Mg: 7-17-35-3) + micronutrientes
147	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Thiodan CE (Endosulfan) 15ml p/ 10 L
150	Adubação de cobertura	7,42g Uréia + 8,33g Superfosfato simples + 5,21 g K ₂ SO ₄
161	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Melaço de fumo com detergente
165	Adubação foliar	Albatrós 1,8g/L(N-P-K-Mg: 7-17-35-3) + micronutrientes
175	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Melaço de fumo com detergente
180	Adubação de cobertura	7,42g Uréia + 8,33g Superfosfato simples + 5,21 g K ₂ SO ₄
189	Tratamento contra Ácaro Branco, pulgões, cigarrinha, mosca	Vertimec 18 CE 1 mL L ⁻¹ + Óleo vegetal Agro-Oil 0,50%. Volume aplicado: 0,50 L/planta
195	Adubação foliar	Albatrós 1,8g/L(N-P-K-Mg: 7-17-35-3) + micronutrientes
210	Adubação de cobertura	7,42g Uréia + 8,33g Superfosfato simples + 5,21 g K ₂ SO ₄

4.9 - Variáveis não destrutivas

Com a finalidade de se avaliar a capacidade de rebrota e crescimento das plantas após a poda drástica, visando também comparar estes resultados com os obtidos no primeiro ciclo, foram realizadas, a cada 30 dias, as medidas das variáveis não destrutivas e suas respectivas taxas de crescimento, a seguir descritas.

4.9.1 - Altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF)

A altura da planta (AP) foi medida em centímetro, entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal da haste principal; o diâmetro foi registrado em mm, utilizando-se de paquímetro com as leituras realizadas a 2cm do colo da planta. Para se observar o desempenho dos tratamentos sobre o aspecto vegetativo das plantas, em adição às avaliações não destrutivas, anteriormente descritas, avaliaram-se o número de folhas/planta (NF) e a área foliar (AF).

Na contagem de 'NF' contidas na planta e na estimativa de 'AF', foram consideradas apenas as folhas completamente abertas, com pelo menos 3 cm de comprimento. A 'AF' individual foi estimada via medida linear, conforme Eq. 8, proposto por Severino, Vale & Beltrão (2006).

$$AF = 0,89 P^2 \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que:

AF = Área foliar (m^2)
 P = Comprimento da nervura principal (m)

4.9.2 - Taxas de crescimento absoluto e relativo caulinar (TCA, TCR)

As taxas de crescimento foram computadas a partir dos dados de altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC). Com os dados de 'AP' e 'DC' obtiveram-se as taxas de crescimento absoluto e relativo em altura (TCA_{AP} , TCR_{AP}), e em diâmetro (TCA_{DC} , TCR_{DC}) conforme equações descritas, a seguir (BENINCASA, 2003):

$$TCA_{AP} = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 9})$$



$$TCR_{AP} = \frac{\ln AP_2 - \ln AP_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 10})$$

Em que:

TCA_{AP} = Taxa de crescimento absoluto caulinar em altura (cm dia⁻¹)
 TCR_{AP} = Taxa de crescimento relativo caulinar em altura (cm cm dia⁻¹)
 AP₁ = Altura da planta no tempo t₁ (cm)
 AP₂ = Altura da planta no tempo t₂ (cm)

$$TCA_{DC} = \frac{DC_2 - DC_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$TCR_{DC} = \frac{\ln DC_2 - \ln DC_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 12})$$

Em que:

TCA_{DC} = Taxa de crescimento absoluto caulinar em diâmetro (mm.dia⁻¹)
 TCR_{DC} = Taxa de crescimento relativo caulinar em diâmetro (mm.mm.dia⁻¹)
 DC₁ = Diâmetro do caule no tempo t₁ (mm)
 DC₂ = Diâmetro do caule no tempo t₂ (mm)

4.10 - Variáveis de reprodução e produção

A produção do pinhão-mansô foi avaliada com base nas seguintes variáveis:

Início da floração e frutificação

Foram registrados os dados de início da emissão das primeiras inflorescências e dos primeiros cachos do pinhão-mansô, em dias após poda (DAPd).

Número de cachos por planta

O número de cachos foi determinado mediante a identificação de cada cacho na planta com um fitilho; ao final da produção, foi realizada a contagem do número de fitilhos de cada planta, obtendo-se o número de cachos por planta.

Maturação dos frutos

Os períodos inicial e final de maturação, bem como o período total de maturação (duração em dias entre o início e o final da maturação) foram registrados em DAPd; a maturação foi caracterizada pelo amarelecimento do tegumento dos frutos.

Número e peso médio de frutos, número e peso médio de sementes e peso de cascas

A colheita de frutos foi feita, diariamente, devido à heterogeneidade da maturação, um dos aspectos negativos da espécie, coletando-os quando estavam totalmente maduros.

Os frutos de cada planta eram coletados, contados e separadas as cascas das sementes, posteriormente, colocados para secar ao sol. No final da produção, obteve-se o número médio de frutos por tratamento.

Após o processo de secagem, foram realizadas pesagens com balança de precisão (0,01 g), separando-se casca e semente, e obtido o peso médio dos frutos. Finalizado o experimento, obteve-se o peso médio de todos os frutos.

Teor de óleo das sementes

O teor de óleo nas sementes (expresso em %) foi determinado no Laboratório da EMBRAPA-CNPA, em Campina Grande, mediante o uso da técnica Ressonância Magnética Nuclear (RMN), em espectrofotômetro, marca Oxford 4000. De cada amostra foram feitas três repetições de leituras, obtendo-se a média como o valor da parcela.

4.11 - Evapotranspiração diária da cultura

A partir do balanço hídrico, calculou-se o volume parcial (a cada 30 dias, período correspondente às avaliações não-destrutivas) e o volume total de água consumido pelas plantas, durante o período experimental. O mesmo procedimento foi adotado para a evapotranspiração da cultura.

$$ETc = \frac{I - D}{TR}$$

(Eq. 13)

Em que:

- ETc = Evapotranspiração da cultura (L dia⁻¹)
- I = Volume de água aplicado na irrigação (L)
- D = Volume de água drenada (L)
- TR = Turno de irrigação (3 dias)

4.12 – Salinidade e fertilidade do solo ao final do experimento

Com o objetivo de se avaliar e comparar os impactos da aplicação das águas de irrigação sobre a fertilidade e salinidade do solo, ao final do segundo ciclo de produção, coletaram-se amostras de solo retiradas das parcelas na profundidade de 0-20 cm. As amostras de solo (cerca de ½ kg) foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm. As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS - UFCG.

No caso do pH, a análise de variância foi procedida com os valores da concentração de hidrogênio ($[H^+] = 10^{-pH}$) e depois se aplicou a escala de pH nas médias ($pH = -\log [H^+]$) (SANTOS & GHEYI, 2003). A média entre o pH 4 e o pH 6 não pode ser considerada igual a 5, uma vez que um pH de 4 é dez vezes mais ácido que o pH 5 e 100 vezes mais ácido que o pH 6; portanto, a média seria aproximadamente 4,3.

4.13 - Análises de tecidos foliares (macronutrientes e micronutrientes)

Para a avaliação do estado nutricional da planta fez-se análise de tecidos foliares. Segundo Malavolta (1980), de um modo geral a folha recém madura (aquela cujo crescimento terminou e que ainda não entrou em senescência) reflete bem o estado nutricional da planta inteira.

As coletas dos tecidos foram feitas no final dos experimentos (240 dias após a poda-DAPd). De cada parcela foram coletadas três folhas, completamente maduras, sadias, próximas ao ápice da planta, mais precisamente, na quarta folha abaixo da inflorescência. O material foi identificado, lavado em água destilada, acondicionado em sacos de papel seco e posto para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C durante 72 horas. Posteriormente, foi pesado, triturado em moinho (peneira com diâmetro de malha de 1 mm) e realizadas as determinações das concentrações químicas nos tecidos, segundo metodologia contida em Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Silva (1999).

No tecido foliar da planta foram avaliados os macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), os micronutrientes (Cl-Fe-Zn-Cu-Mn) e o Na, todos no Laboratório de Irrigação e Salinidade - LIS da UFCG-PB.



4.14 - Análises estatísticas

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas e submetidos às análises de variâncias e de regressões polinomiais (Teste F a 5% de probabilidade), utilizando-se do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 1998). Os graus de liberdade dos tratamentos 'Nr_i' (Níveis de reposição da ETc) e 'N_i' (Níveis salinos) foram decompostos em componentes de regressão polinomial, por se tratar de fator quantitativo (adotou-se para a construção das curvas o grau que melhor explica o evento). Fez-se desdobramento quando houve interação significativa (Nr x P). As médias qualitativas, relacionadas aos sistemas de poda - P ('alta' e 'baixa') bem como as médias dos níveis de reposição da ETc *versus* média do controle foram comparadas pelo teste de Tukey (5 % de probabilidade) (GOMES, 1982; SANTOS, MOREIRA & BELTRÃO, 1998; FERREIRA, 2000).

Para os componentes de produção número de cachos, peso de cascas, sementes, bem como, número de frutos, os dados foram ajustados por equações exponenciais, modelos matemáticos que melhor explicaram os efeitos dos níveis de reposição da água residuária.

4.15 – Resumo comparativo dos dois ciclos de produção do pinhão-mansão

Para fins comparativos, elaborou-se, de forma sucinta, um resumo contendo, parcialmente, os resultados obtidos nas pesquisas (primeiro e segundo ciclo) com utilização de água residuária e com águas salinizadas.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. - EXPERIMENTO I – Uso de água residuária

5.1.1 – Variáveis de crescimento

5.1.1.1 – Altura de plantas (AP)

Houve efeito linear altamente significativo dos níveis de reposição de água nos períodos de avaliação (Tabela 13), exceto no primeiro período (30 dias após a poda – DAPd), indicando que a altura das plantas foi afetada pelas lâminas de irrigação. A ausência de efeito na avaliação feita aos 30 DAPd, provavelmente, se explica por se tratar de período de restabelecimento (rebrotar) da planta após a poda.

Não se verificaram interações significativas dos fatores ‘Nr’ e ‘P’, denotando que os níveis de reposição (Nr) independem dos sistemas de podas (P) adotados e as plantas do sistema poda ‘alta’ tiveram alturas, significativamente, maiores até os 150 DAPd, indicando que as plantas podadas a 40cm, cresceram a ponto de, a partir de 180 DAPd, não haver diferença significativa comparadas àquelas podadas a 80cm (Tabela 13).

Silva (2009) observou em pesquisa sobre o pinhão-manso, nas mesmas condições, que a altura de plantas não foi afetada, imediatamente, após transplante, sendo afetada nas demais épocas de avaliação, tal como se verificou nessa pesquisa aos 30 DAPd.

Ao se comparar as médias da AP, estimadas pelos modelos matemáticos, apresentados na Figura 7, observam-se incrementos entre N_{r1} (25% ETc) e N_5 (125% ETc) de 65,48, 75,64, 77,00, 67,84, 63,32, 62,44 e 62,76% aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente. Ao final da pesquisa para cada 1% na reposição hídrica, as plantas aumentaram 0,93 cm. Verifica-se ser o pinhão-manso sensível ao estresse hídrico, apresentando ‘AP’ diminuída, notadamente quando irrigada com nível de 25 % da evapotranspiração.

É importante notar que as plantas cresceram durante todos os períodos avaliados, com certa estabilidade entre 210 e 240 DAPd (Figura 8). Estes resultados são diferentes dos encontrados por Rodrigues et al. (2009a), em pesquisa com mamoneira, submetida a diferentes níveis de reposição da evapotranspiração, em que as plantas cresceram de forma mais acentuada entre 48 e 90 dias após a semeadura-DAS, diminuindo de intensidade no período seguinte e voltando a ser um pouco mais intenso no último período avaliado, 132 a 174 DAS.

Barros Júnior (2007) verificou que a altura média final (180 DAS) da mamoneira cultivada sem estresse (100 % de água disponível) foi de 1,28 m; Silva et al. (2011) observaram

no primeiro ciclo da cultura do pinhão, que aos 396 DAT as plantas chegaram a uma altura de 2,54 m no tratamento Nr₄ (100% ET) e 2,79 m naquelas em Nr₅ (125% ET). Ao final dessa pesquisa foi possível verificar, aos 240 DAPd, para os mesmos tratamentos, alturas médias sucessivas de 2,32 m e 2,24 m nas plantas (Tabela 13); essa diferença pode ser atribuída ao aporte de nutrientes da água residuária, o qual contribuiu para o maior crescimento das plantas.

Os esgotos domésticos possuem altas concentrações de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), indispensáveis às plantas. Lacerda (2006) também observou incremento linear na altura da cultivar de mamoneira 'BRS Paraguaçu' com o aumento da disponibilidade hídrica no solo e que as plantas, conduzidas em substrato mais rico em matéria orgânica (25 g kg⁻¹), foram, significativamente maiores que as cultivadas em ambiente mais pobre (5 g kg⁻¹).

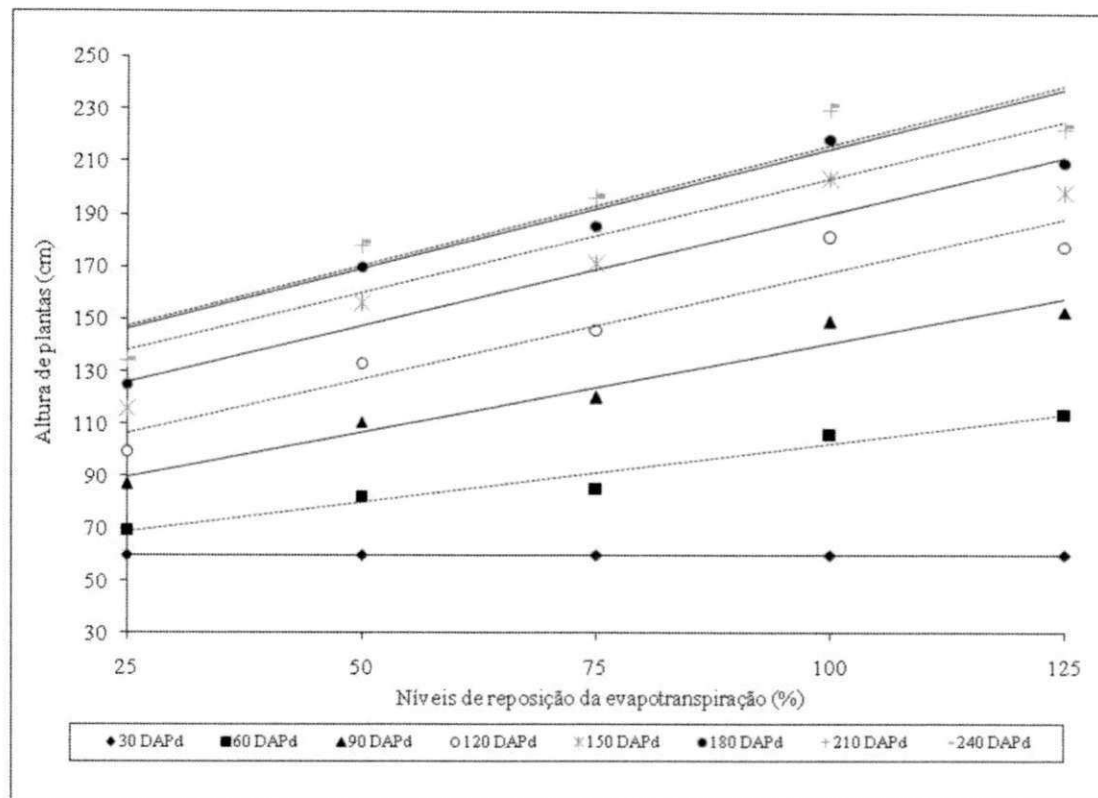
Em pesquisa com mamoneira, cultivar BRS Nordestina, irrigada com águas residuárias tratadas de três indústrias de Campina Grande-PB, Xavier (2007) constatou melhores resultados de crescimento nas plantas conduzidas com 100 % de água disponível.

Tabela 13 - Resumo das análises de regressão da altura de plantas (AP) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios								
		AP 30 DAPd	AP 60 DAPd	AP 90 DAPd	AP 120 DAPd	AP 150 DAPd	AP 180 DAPd	AP 210 DAPd	AP 240 DAPd	
N. Rep. (Nr)	4	--	2656,33**	6062,34**	9163,66**	10244,27**	11090,39**	11878,46**	12143,30**	
R. Linear	1	--	10233,58**	23222,11**	33702,05**	36722,45**	38307,50**	41907,01**	42799,75**	
R. Quadr.	1	--	239,78 ^{ns}	714,39**	1236,11**	3346,03**	53225,38**	4287,93**	4397,52**	
R. Cúbica	1	--	10,66 ^{ns}	87,15 ^{ns}	259,20 ^{ns}	776,00 ^{ns}	610,60 ^{ns}	201,61 ^{ns}	173,46 ^{ns}	
R. 4º Grau	1	--	41,28 ^{ns}	225,72 ^{ns}	1457,28**	132,61 ^{ns}	118,09 ^{ns}	1117,28 ^{ns}	1202,47 ^{ns}	
Blocos	3	--	104,78 ^{ns}	65,41 ^{ns}	201,00 ^{ns}	215,10 ^{ns}	253,74 ^{ns}	419,03 ^{ns}	429,29 ^{ns}	
Poda (P)	1	--	7873,64**	4719,76**	4120,90**	2856,10**	910,11 ^{ns}	396,90 ^{ns}	374,54 ^{ns}	
Int. (Nr x P)	4	--	82,26 ^{ns}	258,82 ^{ns}	155,46 ^{ns}	342,35 ^{ns}	466,97 ^{ns}	558,71 ^{ns}	565,08 ^{ns}	
Resíduo	27	--	56,54	82,60	132,14	197,53	239,90	392,90	388,31	
CV(%)	--	--	8,22	7,32	7,78	8,31	8,51	10,31	10,18	
Poda (P)			Médias (cm)							
Baixa	40,00		77,44 a	113,32 a	137,55 a	160,70 a	177,20 a	189,20 a	190,60 a	
Alta	80,00		105,50 b	135,05 b	157,85 b	177,60 b	186,74 a	195,50 a	196,72 a	
DMS	--		4,87	5,89	7,45	9,11	10,04	12,86	12,78	

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Evangelista et al. (2009) concluíram que irrigação, mesmo em regiões com precipitações médias anuais acima de 1000 mm, como é o caso de Lavras, Sul do estado de Minas Gerais, promoveu acréscimo significativo nos parâmetros de crescimento vegetativo de plantas de pinhão-manso; e a lâmina correspondente a 120% da evaporação do tanque classe A foi a que proporcionou o maior crescimento em altura e diâmetro.



$Y_{30\text{DAPd}} = 60^{\text{NS}}$		$Y_{150\text{DAPd}} = 0,857x + 104,88$	$R^2 = 0,90^{**}$
$Y_{60\text{DAPd}} = 0,4513x + 57,623$	$R^2 = 0,96^{**}$	$Y_{180\text{DAPd}} = 0,8753x + 116,32$	$R^2 = 0,86^{**}$
$Y_{90\text{DAPd}} = 0,6815x + 73,075$	$R^2 = 0,96^{**}$	$Y_{210\text{DAPd}} = 0,9155x + 123,69$	$R^2 = 0,88^{**}$
$Y_{120\text{DAPd}} = 0,821x + 86,125$	$R^2 = 0,92^{**}$	$Y_{240\text{DAPd}} = 0,9252x + 124,27$	$R^2 = 0,88^{**}$

Figura 7 - Altura de plantas do pinhão-mansó aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

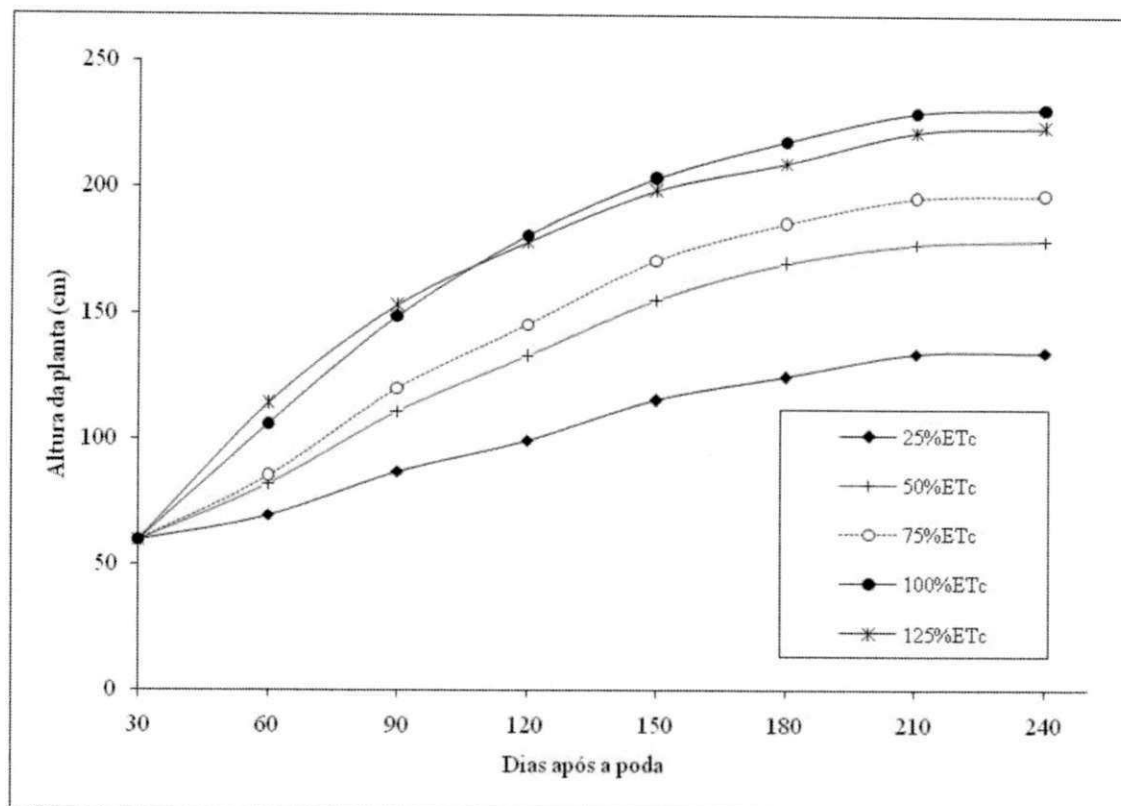


Figura 8 - Evolução da altura de plantas do pinhão-manso ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Pelos dados da Tabela 14, verificam-se efeitos significativos sobre a altura das plantas ao longo da pesquisa.

No contraste entre as plantas irrigadas com ‘poda baixa’, irrigadas com 25% da ETc (N_{25Bx}), e o tratamento controle (Ct) ocorreu efeito significativo sobre a altura das plantas em todas as épocas de avaliação (Tabela 14); já a altura das plantas ‘poda alta’ no mesmo nível de reposição (N_{25Alt}), não diferiu, significativamente, da altura das plantas ‘controle’. Nas plantas irrigadas com 50% da evapotranspiração *versus* o tratamento testemunha ocorreu efeito significativo sobre a altura das plantas somente aos 60 DAPd (N_{50Bx}). Com reposição de 75% nas plantas submetidas a poda baixa, houve efeito significativo aos 60, 150, 180, 210 e 240 DAPd e, para as plantas submetidas a poda alta (N_{75Alt}), houve efeito significativo nos períodos intermediários, 120, 150 e 180 DAPd, sendo as plantas significativamente maiores, embora sob menor nível de reposição.

Pelos contrastes 7 (N_{100Bx} vs Ct) e 8 (N_{100Alt} vs Ct), sem restrição hídrica, quer seja irrigação com água residuária ou não (controle), notam-se efeitos significativos, sendo as alturas das plantas irrigadas com água residuária superiores aquelas submetidas ao tratamento controle, exceto aos 60 DAPd. Notam-se os mesmos resultados para o nível de reposição de 125% da ETc (Tabela 14). Em resumo, pode-se afirmar que apenas as plantas submetidas a 25% de reposição

da ETC e poda baixa (N_{25Bx}), tiveram alturas, significativamente, inferiores às alturas das plantas controle, ao longo de toda a pesquisa. Tal fato pode ser atribuído ao aporte de nutrientes da água residuária.

Tabela 14 - Resumo das análises de variância e médias da altura de plantas (AP) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		AP 30 DAPd	AP 60 DAPd	AP 90 DAPd	AP 120 DAPd	AP 150 DAPd	AP 180 DAPd	AP 210 DAPd	AP 240 DAPd
Tratamentos	10	--	1883,34**	3032,83**	4307,05**	4745,72**	4988,36**	5257,55**	5337,48**
Blocos	3	--	118,07 ^{ns}	54,05 ^{ns}	183,90 ^{ns}	215,78 ^{ns}	241,69 ^{ns}	406,06 ^{ns}	396,71 ^{ns}
Resíduo	30	--	54,85	76,83	121,33	178,79	218,21	356,07	352,90
1-N _{25 Bx} VS Ct.	1	--	2869,03**	4072,53**	3200,00**	3120,50**	2964,50**	3200,00**	3612,50**
2-N _{25Alt} VS Ct.	1	--	22,11 ^{ns}	200,00 ^{ns}	338,00 ^{ns}	612,50 ^{ns}	840,50 ^{ns}	1176,12 ^{ns}	1378,12 ^{ns}
3-N _{50Bx} VS Ct.	1	--	639,03**	288,00 ^{ns}	6,12 ^{ns}	210,12 ^{ns}	364,50 ^{ns}	288,00 ^{ns}	253,12 ^{ns}
4-N _{50Alt} VS Ct.	1	--	6,12 ^{ns}	40,50 ^{ns}	288,00 ^{ns}	338,00 ^{ns}	630,12 ^{ns}	253,12 ^{ns}	187,21 ^{ns}
5-N _{75Bx} VS Ct.	1	--	559,45**	15,12 ^{ns}	288,00 ^{ns}	990,12*	2812,50**	2701,12**	2485,12*
6-N _{75Alt} VS Ct.	1	--	90,45 ^{ns}	136,12 ^{ns}	1512,50**	2048,00**	1275,12*	1035,12 ^{ns}	886,20 ^{ns}
7-N _{100Bx} VS Ct.	1	--	3,51 ^{ns}	820,12**	3081,12**	3403,12**	5000,00**	4802,00**	4617,60**
8-N _{100Alt} VS Ct.	1	--	1872,72**	4753,12**	10082,00**	12168,00**	12324,50**	12324,50**	11911,96**
9-N _{125Bx} VS Ct.	1	--	100,82 ^{ns}	1458,0**	3784,50**	4608,00**	5202,00**	6216,12**	5984,18**
10-N _{125Alt} VS Ct.	1	--	3280,50**	5000,00**	7320,50**	7503,12**	7248,08**	6441,12**	6204,98**
CV(%)	--	--	8,11	7,11	7,56	8,01	8,23	9,93	9,81
Tratamentos			Médias (cm)						
1-N _{25 Bx}	40,00	52,37	69,62	86,25	104,75	116,00	126,50	126,75	
2-N _{25 Alt}	80,00	86,92	104,75	113,25	126,75	134,00	142,25	143,00	
3-N _{50 Bx}	40,00	72,37	102,75	128,00	154,50	168,00	178,50	180,50	
4-N _{50 Alt}	80,00	92,00	119,25	138,25	157,25	172,25	177,75	178,92	
5-N _{75 Bx}	40,00	73,52	117,50	138,25	166,50	192,00	203,25	204,50	
6-N _{75 Alt}	80,00	96,97	123,00	153,75	176,25	179,75	189,25	190,30	
7-N _{100 Bx}	40,000	91,57	135,00	165,50	185,50	204,50	215,50	217,30	
8-N _{100 Alt}	80,00	120,85	163,50	197,25	222,25	233,00	245,00	246,42	
9-N _{125 Bx}	40,00	97,35	141,75	169,75	192,25	205,50	222,25	223,95	
10-N _{125 Alt}	80,00	130,75	164,75	186,75	205,50	214,70	223,25	224,95	
Controle (Ct)	80,00	90,25	114,75	126,25	144,25	154,50	166,50	169,25	

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1.2 – Diâmetro caulinar (DC)

Ao se observar a Tabela 15, verifica-se efeito linear ($P < 1\%$) sobre o diâmetro caulinar (DC) em todos os períodos de avaliação. À semelhança da 'AP', o diâmetro foi intensamente afetado pela baixa disponibilidade de água no solo. Os dados de crescimento e a evolução do 'DC', como respostas à aplicação dos níveis de reposição da 'ETC', estão apresentados nas Figuras 9 e 10. Pelos coeficientes de determinação (R^2), constata-se alto grau de associação entre o nível de reposição de água e as variáveis avaliadas. Os acréscimos verificados no 'DC', entre Nr₁ (25% ETC) e Nr₅ (125% ETC) (com base nos modelos matemáticos - Figura 9) foram 78,04, 75,76, 76,52, 78,08, 77,61, 85,84, 76,96 e 77,40% aos 30,

60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente. Aos 240 dias, final da pesquisa, o DC aumentou 0,43 mm para cada 1% na reposição hídrica. Nesse caso, deduz-se que plantas cultivadas com maior disponibilidade hídrica são mais resistentes ao tombamento devido aos caules mais robustos.

Mediante resultados contidos na Tabela 15, verifica-se ausência de interação significativa entre os fatores avaliados 'níveis de reposição' e 'poda' bem como ausência de diferença significativa entre os dois sistemas do último fator, poda 'alta' e 'baixa'.

A sensibilidade do pinhão-mansinho ao estresse hídrico foi mais acentuada no crescimento em altura de plantas que em relação ao diâmetro. Albuquerque et al. (2008) avaliando a influência de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento em diâmetro caulinar do pinhão-mansinho, observaram, aos 150 DAS, os maiores diâmetros no tratamento com 100% de AD no solo.

Neste trabalho, observou-se diâmetro caulinar médio superior a 100 mm aos 240 DAPd com Nr₅ (125 ETc); na mesma pesquisa, no primeiro ciclo, Silva (2009) observou diâmetro de 93,92 mm aos 396 DAT.

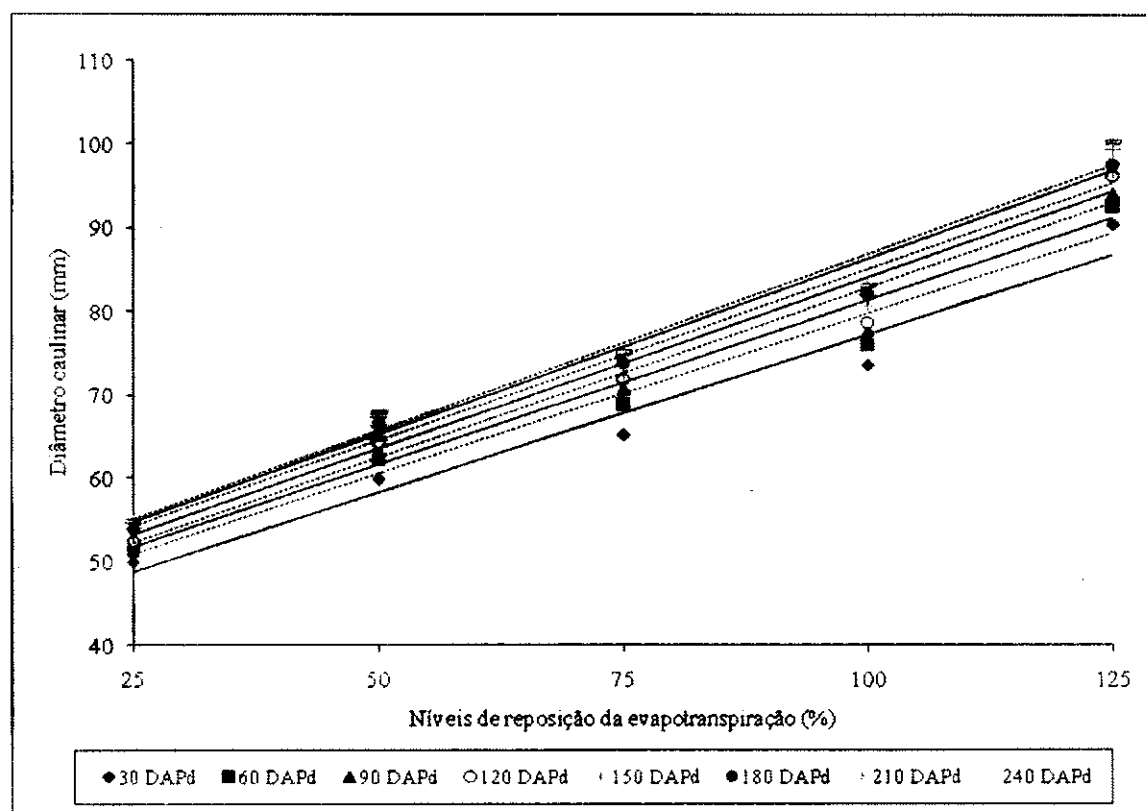
Vários estudos comprovam que o diâmetro é tanto maior quanto maior for a disponibilidade hídrica no solo (LACERDA, 2006, BARROS JÚNIOR, 2007), porém, quando se utiliza água residuária para a prática de irrigação, as plantas se tornam mais robustas (XAVIER, 2007; RODRIGUES et al., 2009a; SILVA et. al., 2011). Os autores atribuem tal fato ao aporte de nutrientes da água residuária.

Albuquerque et al. (2009) verificaram que o pinhão-mansinho nos primeiros 150 dias do seu ciclo, é muito sensível à deficiência hídrica no meio edáfico e à deficiência de nitrogênio paralisando, praticamente, o crescimento das plantas. Segundo os autores, o crescimento do pinhão-mansinho representado pela altura da planta, diâmetro do caule e área foliar por planta aumentou com o tempo numa taxa relativamente constante, para o período analisado.

Tabela 15 - Resumo das análises de regressão do diâmetro caulinar (DC) do pinhão-mansinho aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
		DC 30 DAPd	DC 60 DAPd	DC 90 DAPd	DC 120 DAPd	DC 150 DAPd	DC 180 DAPd	DC 210 DAPd	DC 240 DAPd
N. Rep. (Nr)	4	1885,15**	1915,96**	2010,13**	2147,29**	2172,70**	2156,41**	2266,99**	2321,21**
R. Linear	1	7244,72**	7456,29**	7923,76**	8475,65**	8614,32**	8566,90**	8966,79**	9061,02**
R. Quadr.	1	237,96**	152,11*	51,57 ^{ns}	62,55*	40,32 ^{ns}	37,5125 ^{ns}	62,90 ^{ns}	177,60**
R. Cúbica	1	57,35 ^{ns}	54,18 ^{ns}	60,39 ^{ns}	41,99 ^{ns}	36,00 ^{ns}	21,1758 ^{ns}	38,07 ^{ns}	45,26 ^{ns}
R. 4º Grau	1	0,54 ^{ns}	1,26 ^{ns}	4,82 ^{ns}	8,97 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,0521 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Blocos	3	12,40 ^{ns}	19,11 ^{ns}	27,99 ^{ns}	28,45 ^{ns}	23,89 ^{ns}	38,6929*	43,29*	46,60*
Poda (P)	1	56,88 ^{ns}	30,80 ^{ns}	20,02 ^{ns}	29,92 ^{ns}	27,22 ^{ns}	41,8202*	45,79 ^{ns}	43,89 ^{ns}
Int. (Nr x P)	4	4,58 ^{ns}	9,00 ^{ns}	12,44 ^{ns}	10,16 ^{ns}	8,23 ^{ns}	14,1384 ^{ns}	17,44 ^{ns}	23,32 ^{ns}
Resíduo	27	13,62	14,15	15,56	11,76	9,88	9,6568	13,95	15,15
CV(%)		5,44	5,36	5,51	4,71	4,26	4,15	4,93	5,10
Poda (P)		Médias (mm)							
Baixa		69,00 a	71,05 a	72,27 a	73,62 a	74,67 a	75,9000 a	76,88 a	77,33 a
Alta		66,62 a	69,30 a	70,85 a	71,89 a	73,02 a	73,8550 b	74,74 a	75,24 a
DMS		2,39	2,44	2,56	2,22	2,03	2,0163	2,42	2,526

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.



$$Y_{30DAPd} = 0,3807x + 39,264 \quad R^2 = 0,96^{**}$$

$$Y_{60DAPd} = 0,3856x + 41,254 \quad R^2 = 0,97^{**}$$

$$Y_{90DAPd} = 0,3961x + 41,855 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

$$Y_{120DAPd} = 0,4086x + 42,119 \quad R^2 = 0,97^{**}$$

$$Y_{150DAPd} = 0,4129x + 42,878 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

$$Y_{180DAPd} = 0,4117x + 43,996 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

$$Y_{210DAPd} = 0,4214x + 44,214 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

$$Y_{240DAPd} = 0,4257x + 44,36 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

Figura 9 – Diâmetro caulinar do pinhão-mansinho aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

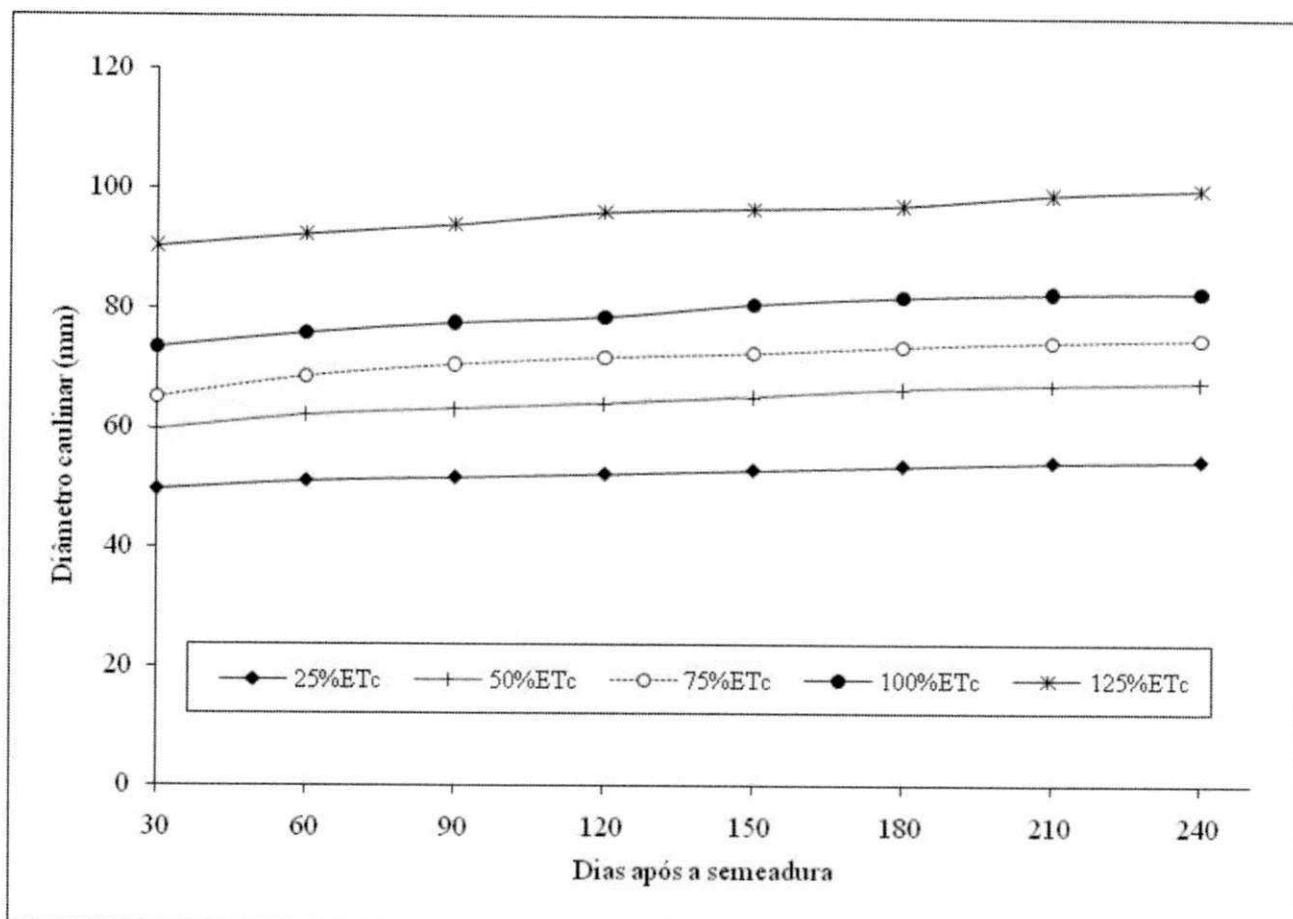


Figura 10 - Evolução do diâmetro caulinar do pinhão-mansão ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Pelo resumo das análises de variância e médias contidas na Tabela 16, verifica-se que as plantas irrigadas com 25% da ETc, tanto aquelas submetidas à ‘poda baixa’ como à ‘poda alta’ tiveram diâmetros inferiores aos diâmetros das plantas ‘controle’. O mesmo pode-se afirmar para as plantas do tratamento 50% ETc e poda ‘alta’. Pelos demais contrastes, as plantas irrigadas com água residuária produziram, estatisticamente, diâmetros iguais ou superiores aos diâmetros das plantas ‘testemunha’, irrigadas com água não salina e sem aporte de nutrientes.

Tabela 16 - Resumo das análises de variância e médias do diâmetro caulinar (DC) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		DC 30 DAPd	DC 60 DAPd	DC 90 DAPd	DC 120 DAPd	DC 150 DAPd	DC 180 DAPd	DC 210 DAPd	DC 240 DAPd
Tratamentos	10	761,68**	773,30**	811,32**	866,31**	875,66**	872,53**	918,40**	942,81**
Blocos	3	9,63 ^{ns}	16,51 ^{ns}	26,04 ^{ns}	26,41 ^{ns}	22,15 ^{ns}	36,81*	40,48*	42,77*
Resíduo	30	12,67	13,02	14,22	10,812	9,08	9,08	12,95	14,15
1-N ₂₅ Bx vs Ct.	1	561,96**	637,24**	694,71**	743,05**	766,36**	957,03**	939,61**	1037,40**
2-N ₂₅ Alt vs Ct.	1	652,50**	667,95**	715,36**	748,84**	744,98**	907,38**	930,96**	1032,85**
3-N ₅₀ Bx vs Ct.	1	52,78 ^{ns}	39,60 ^{ns}	40,72 ^{ns}	45,12 ^{ns}	44,18 ^{ns}	61,05 ^{ns}	55,65 ^{ns}	69,62 ^{ns}
4-N ₅₀ Alt vs Ct.	1	194,54**	198,00**	212,69**	216,32**	191,10**	288,00**	302,58**	369,92**
5-N ₇₅ Bx vs Ct.	1	4,27 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,21 ^{ns}	3,00 ^{ns}
6-N ₇₅ Alt vs Ct.	1	14,44 ^{ns}	3,25 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,15 ^{ns}	12,75 ^{ns}	12,50 ^{ns}	23,12 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx vs Ct.	1	126,01**	103,68**	114,38**	106,58**	158,42**	113,25**	118,58**	83,85*
8-N ₁₀₀ Alt vs Ct.	1	46,80 ^{ns}	77,50*	88,78*	89,11**	124,03**	72,60**	67,28*	43,71 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx vs Ct.	1	1153,20**	1102,15**	1124,56**	1275,12**	1265,04*	1014,75**	1069,53**	987,90**
10-N ₁₂₅ Alt vs Ct.	1	1006,88**	1048,82**	1079,96**	1123,38**	1111,56**	941,78**	1097,46**	1092,78**
CV(%)		5,25	5,15	5,28	4,52	4,09	4,02	4,74	4,92
Tratamentos		Médias (mm)							
1-N ₂₅ Bx		50,52	51,52	52,02	52,52	53,02	53,60	54,50	54,80
2-N ₂₅ Alt		49,22	51,10	51,75	52,45	53,30	54,17	54,60	54,85
3-N ₅₀ Bx		62,15	64,92	66,15	67,05	67,90	69,95	70,90	71,67
4-N ₅₀ Alt		57,42	59,42	60,35	61,40	62,82	63,47	63,87	63,97
5-N ₇₅ Bx		65,82	69,40	70,57	72,40	73,17	74,95	75,85	76,35
6-N ₇₅ Alt		64,60	68,10	70,95	71,65	72,32	72,95	73,67	74,17
7-N ₁₀₀ Bx		75,22	76,57	78,22	79,10	81,50	83,00	83,87	84,05
8-N ₁₀₀ Alt		72,12	75,60	77,32	78,47	80,47	81,50	81,97	82,25
9-N ₁₂₅ Bx		91,30	92,85	94,37	97,05	97,75	98,00	99,30	99,80
10-N ₁₂₅ Alt		89,72	92,27	93,90	95,50	96,17	97,17	99,60	100,95
Controle		67,28	69,37	70,66	71,80	72,60	75,47	76,17	77,57

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1.3 - Número de folhas (NF)

Os níveis de reposição afetaram, significativamente, o número de folhas, pelo teste F ($P < 0,01$), com verificação de regressões lineares nos oito períodos avaliados (Tabela 17).

O número de folhas (NF) do pinhão-mansão aumentou com o incremento do nível de reposição da evapotranspiração. Os acréscimos em 'NF', estimados a partir dos modelos matemáticos, apresentados na Figura 11, entre Nr1 e Nr5, foram 100,96, 383,80, 215,72, 228,68, 265,68, 321,79, 325,12% aos 30, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente. Nota-se aos 240 DAPd, que o NF aumentou 5,15 unidades para cada 1% na reposição hídrica.

Pelos dados apresentados na Figura 11, as plantas produziram, em média, entre 181 folhas/planta (25% ETC) e 671 folhas/planta (125% ETC).

Rodrigues et al. (2009a) estimaram, entre 60% ETc e 120% ETc, acréscimos de 95,42, 35,62, 157,36 e 47,41% no número de folhas de mamoneira, aos 48, 90, 132 e 174 DAS, respectivamente.

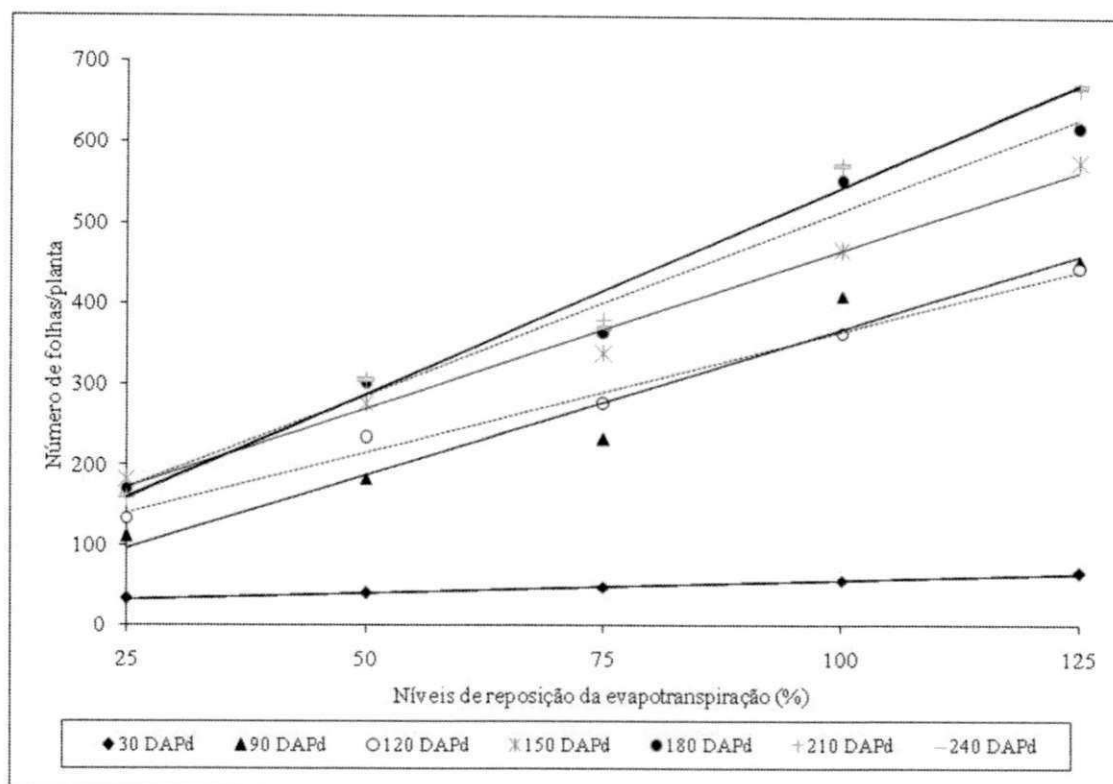
Verificou-se interação significativa entre os dois fatores (Nr x P), aos 60 DAPd, cujo desdobramento está apresentado na Tabela 18. Entre Nr1 e Nr5 observaram-se, a partir das equações contidas na Figura 12, acréscimos de 168,02% e de 314,00% para as plantas ‘Poda Baixa’ e ‘Poda Alta’, respectivamente. As conduzidas no sistema poda ‘alta’ produziram mais folhas (248,25 folhas), diferindo, estatisticamente, das plantas conduzidas no sistema poda ‘baixa’ (193,00 folhas) no nível de 125% ETc.

O pinhão-mansão, mesmo sendo uma planta com crescimento considerado satisfatório em condições de seca e/ou baixa precipitação pluviométrica, neste trabalho ficou constatada a sua sensibilidade ao estresse hídrico (baixos níveis de reposição de água). Silva et al. (2011), durante o primeiro ciclo de cultivo, obtiveram resultados semelhantes.

Tabela 17 - Resumo das análises de regressão do número de folhas (NF) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		NF 30 DAPd	NF 60 DAPd	NF 90 DAPd	NF 120 DAPd	NF 150 DAPd	NF 180 DAPd	NF 210 DAPd	NF 240 DAPd
Nível de Rep. (Nr)	4	1300,18**	27579,16**	174359,37**	114662,96**	194685,97**	268228,85**	334029,18**	338252,90**
R. Lin.	1	5184,20**	107384,51**	665030,45**	453607,20**	769496,45**	1047904,20**	1317127,81**	1326640,05**
R. Quad.	1	15,75 ^{ns}	2100,22*	19446,43**	43,75 ^{ns}	5348,89 ^{ns}	11,57 ^{ns}	148,58 ^{ns}	1157,14 ^{ns}
R. Cúb.	1	0,80 ^{ns}	678,61 ^{ns}	10080,05 ^{ns}	2070,61 ^{ns}	159,61 ^{ns}	2279,11 ^{ns}	382,81 ^{ns}	423,20 ^{ns}
R. 4º G.	1	0,00 ^{ns}	153,301 ^{ns}	2880,57 ^{ns}	2930,28 ^{ns}	3738,94 ^{ns}	22720,51 ^{ns}	18457,54 ^{ns}	24791,21 ^{ns}
Blocos	3	132,60 ^{ns}	272,60 ^{ns}	2028,82 ^{ns}	2132,42 ^{ns}	2100,00 ^{ns}	3842,33 ^{ns}	18427,22 ^{ns}	16321,02 ^{ns}
Poda (P)	1	72,90 ^{ns}	1876,90*	2325,62 ^{ns}	3744,22 ^{ns}	8122,50 ^{ns}	14,40 ^{ns}	5405,62 ^{ns}	3744,22 ^{ns}
Int. (Nr x P)	4	145,33 ^{ns}	1307,96*	404,12 ^{ns}	1169,28 ^{ns}	614,75 ^{ns}	370,90 ^{ns}	14670,18 ^{ns}	13832,72 ^{ns}
Resíduo	27	117,74	440,04	2447,08	2750,90	4477,14	5158,22	7778,20	7794,93
CV(%)		22,21	15,39	17,83	18,07	18,20	17,90	21,19	21,22
Poda (P)		Médias (--)							
Baixa		46,65 a	129,45 a	269,75 a	280,55 a	353,45 a	400,60 a	427,75 a	425,65 a
Alta		49,35 a	143,15 b	285,00 a	299,90 a	381,95 a	401,80 a	404,50 a	406,30 a
DMS		7,04	13,61	32,09	34,03	43,41	46,60	57,22	57,28

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.



$$Y_{30DAPd} = 0,3220x + 23,850 \quad R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y_{90DAPd} = 3,6470x + 3,850 \quad R^2 = 0,95^{**}$$

$$Y_{120DAPd} = 3,012x + 64,325 \quad R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y_{150DAPd} = 3,923x + 73,475 \quad R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y_{180DAPd} = 4,5780x + 57,850 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

$$Y_{210DAPd} = 5,1325x + 31,188 \quad R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y_{240DAPd} = 5,1510x + 29,650 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

Figura 11 – Número de folhas do pinhão-mansô aos 30, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

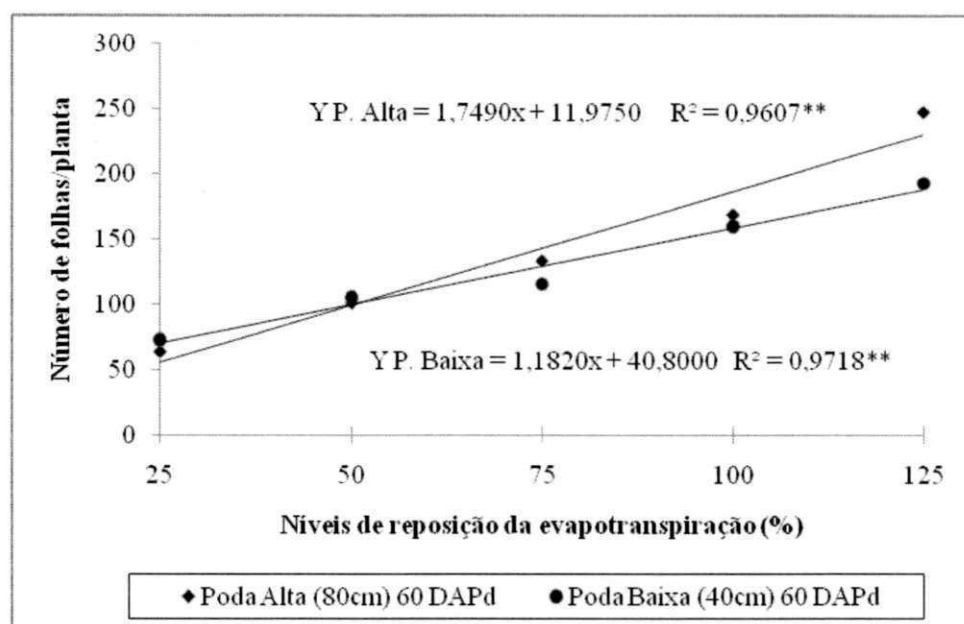


Figura 12 - Interação do número de folhas do pinhão-mansô, aos 60 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Mediante análise da evolução do número de folhas ao longo do tempo e por nível de reposição da ETc (Figura 13), verifica-se maior número de folhas na proporção em que se aumentou o índice de reposição e, que, no geral, as plantas aumentaram o número médio de folhas ao longo da pesquisa, salvo nas plantas dos tratamentos 100% e 125% da ETc que tiveram redução entre 90 e 120 DAPd, porém tal fato pode ser atribuído à remoção do excesso de brotações presentes naquelas plantas. Na mesma Figura, nota-se estabilidade do número de folhas a partir de 210 dias após a poda, porém nas plantas irrigadas com o nível mais baixo de reposição (25% ETc), a estabilidade ocorreu mais precocemente.

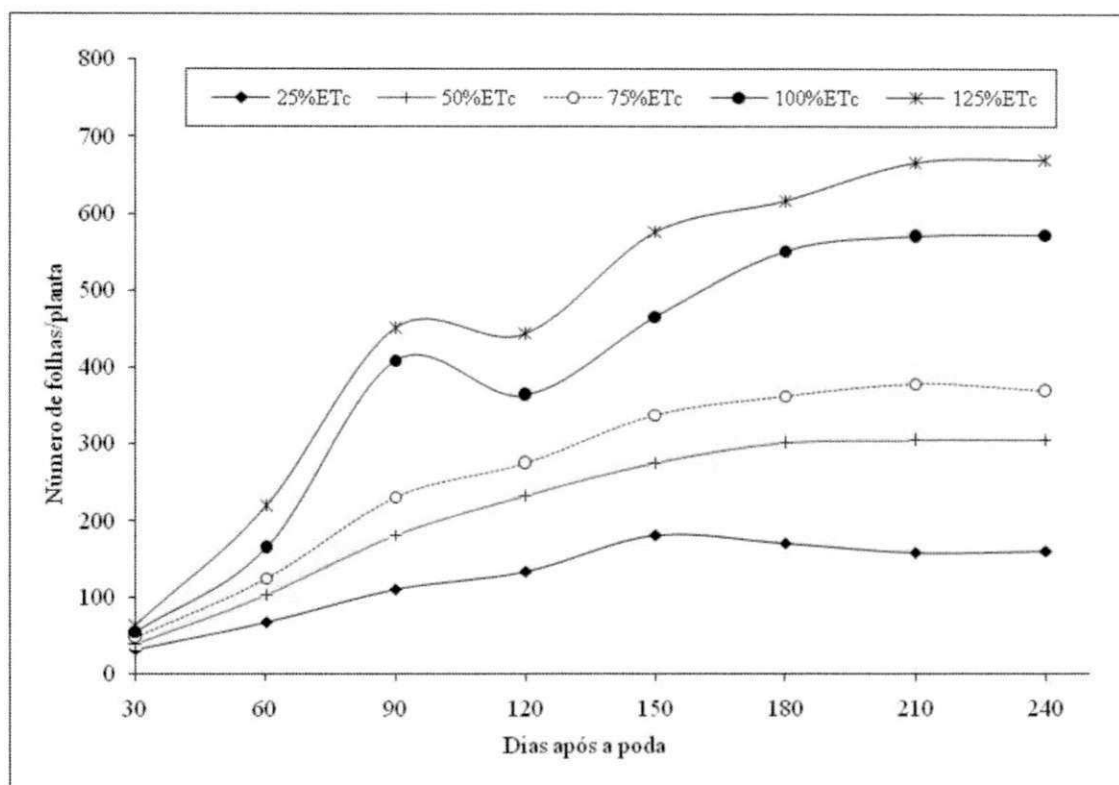


Figura 13 - Evolução do número de folhas do pinhão-mansão ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 18 – Resumo do desdobramento da análise de regressão da interação significativa do número de folhas (NF) do pinhão-mansão aos 60 DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	Quadrados Médios
	NF 60 DAPd
Nr em poda alta	
Reg. Linear	76475,0250**
Reg. Quadrática	2150,1607*
Reg. Cúbica	921,6000 ^{ns}
Reg. 4º Grau	58,5143 ^{ns}
Resíduo	440,0444
Nr em poda alta	
	Médias
N ₁ (25%ETc)	63,7500
N ₂ (50%ETc)	101,0000
N ₃ (75%ETc)	133,5000
N ₄ (100%ETc)	169,2500
N ₅ (125%ETc)	248,2500
Nr em poda baixa	
Reg. Linear	34928,1000**
Reg. Quadrática	340,0714 ^{ns}
Reg. Cúbica	42,0250 ^{ns}
Reg. 4º Grau	633,0036 ^{ns}
Resíduo	440,0444
Nr em poda baixa	
	Médias
N ₁ (25%ETc)	72,7500
N ₂ (50%ETc)	105,5000
N ₃ (75%ETc)	115,5000
N ₄ (100%ETc)	160,5000
N ₅ (125%ETc)	193,0000
Poda em 25% ET	
Poda alta (80 cm)	63,7500 a
Poda baixa (40 cm)	72,7500 a
Poda em 50% ET	
Poda alta (80 cm)	101,0000 a
Poda baixa (40 cm)	105,5000 a
Poda em 75% ET	
Poda alta (80 cm)	133,5000 a
Poda baixa (40 cm)	115,5000 a
Poda em 100% ET	
Poda alta (80 cm)	169,2500 a
Poda baixa (40 cm)	160,5000 a
Poda em 125% ET	
Poda alta (80 cm)	248,2500 a
Poda baixa (40 cm)	193,0000 b
DMS	30,4351

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

Pelo resumo das análises de variância para o número de folhas (Tabela 19), em que se contrastam as plantas dos níveis de reposição da ETc (irrigação com água residuária) com as plantas irrigadas sem água residuária (testemunha), verifica-se efeito altamente significativo ($P < 0,01$) dos tratamentos, em todas as época de avaliação. Analisando-se o contraste entre as plantas do tratamento com 25% ETc *versus* as do tratamento testemunha (Tabela 19), observa-se efeito significativo dos tratamentos sobre o NF aos 90, 120 e 180, 210, 240 DAPd, com plantas produzindo menor número de folhas; entretanto, as plantas sob poda baixa, aos 120 DAPd, como nos demais períodos, não diferiram do controle.

Pelos demais contrastes, ou seja, a partir da reposição de 50% ETc, o número de folhas foi semelhante ou significativamente superior ao NF das plantas do tratamento testemunha. Esses resultados podem estar relacionados, principalmente, com a contribuição de nutrientes existentes na água residuária, que favoreceu a uma melhor nutrição das plantas no decorrer da pesquisa, a ponto de plantas irrigadas com restrição hídrica produzir, tanto quanto, ou mais folhas, que as do tratamento controle.

Conforme Taiz & Zeiger (2004), a expansão ou alongamento celular, é um processo que depende do turgor, portanto, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas; assim, a restrição hídrica limita não só o tamanho, mas também o número de folhas, como se constatou nessa pesquisa. Ainda segundo esses autores, as folhas desenvolvem uma cutícula mais grossa para reduzir a perda de água por transpiração. Estas medidas aumentam a eficiência de uso de água pela planta.

Tabela 19 - Resumo das análises de variância e médias do número de folhas (NF) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		NF 30 DAPd	NF 60 DAPd	NF 90 DAPd	NF 120 DAPd	NF 150 DAPd	NF 180 DAPd	NF 210 DAPd	NF 240 DAPd
Tratamentos	10	886,06**	13501,52**	73291,51**	49286,90**	82767,92**	110566,17**	140057,59**	141231,80**
Blocos	3	162,50 ^{ns}	274,75 ^{ns}	1779,57 ^{ns}	1981,96 ^{ns}	2031,45 ^{ns}	3647,61 ^{ns}	17315,59 ^{ns}	15202,02 ^{ns}
Resíduo	30	107,42	441,51	2294,25	2520,26	4050,09	4681,24	7192,75	7206,54
1-N ₂₅ Bx vs Ct.	1	364,50 ^{ns}	72,00 ^{ns}	11400,50*	8064,50 ^{ns}	15664,50 ^{ns}	34060,50*	125000,00**	125500,50**
2-N ₂₅ Alt vs Ct.	1	364,50 ^{ns}	18,00 ^{ns}	10368,00*	13284,50*	12403,12 ^{ns}	42195,12**	120540,50**	119560,50**
3-N ₅₀ Bx vs Ct.	1	840,50**	3003,12*	36,12 ^{ns}	1128,12 ^{ns}	2,00 ^{ns}	220,50 ^{ns}	26912,00 ^{ns}	28084,50 ^{ns}
4-N ₅₀ Alt vs Ct.	1	780,12*	2346,12*	0,12 ^{ns}	1984,50 ^{ns}	861,12 ^{ns}	15,12 ^{ns}	14320,15 ^{ns}	14620,50 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx vs Ct.	1	1176,12**	4753,12**	3444,50 ^{ns}	5460,12 ^{ns}	7564,50 ^{ns}	7503,12 ^{ns}	50,00 ^{ns}	578,00 ^{ns}
6-N ₇₅ Alt vs Ct.	1	2016,12**	8911,12**	5778,12 ^{ns}	14878,12*	14535,12 ^{ns}	4802,00 ^{ns}	6786,12 ^{ns}	7140,12 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx vs Ct.	1	3280,50**	17578,12**	93744,50**	39480,50**	68265,12**	112101,12**	115680,50**	115921,12**
8-N ₁₀₀ Alt vs Ct.	1	2145,12**	21012,50**	109512,00**	61425,12**	95048,00**	125500,50**	15693,11 ^{ns}	15753,12 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx vs Ct.	1	2926,12**	31878,12**	124251,12**	96580,12**	160744,50**	184224,50**	105111,12**	109044,50**
10-N ₁₂₅ Alt vs Ct.	1	5565,12**	65884,12**	165600,12**	133128,00*	230520,50**	198450,00**	171698,00**	171112,50**
CV(%)		22,80	16,17	17,81	17,77	17,76	17,42	20,43	20,44
Tratamentos		Médias (--)							
1-N ₂₅ Bx		32,75	72,75	108,75	142,50	176,50	178,00	156,00	157,50
2-N ₂₅ Alt		32,75	63,75	112,25	124,50	186,25	163,25	160,50	163,50
3-N ₅₀ Bx		39,75	105,50	180,00	229,75	266,00	298,00	290,00	289,50
4-N ₅₀ Alt		39,00	101,00	184,50	237,50	285,75	305,75	320,50	322,50
5-N ₇₅ Bx		43,50	115,50	225,75	258,25	326,50	369,75	411,00	391,00
6-N ₇₅ Alt		51,00	133,50	238,00	292,25	350,25	357,50	347,75	348,25
7-N ₁₀₀ Bx		59,75	160,50	400,75	346,50	449,75	545,25	646,50	648,75
8-N ₁₀₀ Alt		52,00	169,25	418,25	381,25	483,00	559,00	494,75	496,75
9-N ₁₂₅ Bx		57,50	193,00	433,50	425,75	548,50	612,00	635,25	641,50
10-N ₁₂₅ Alt		72,00	248,25	472,00	464,00	604,50	623,50	699,00	700,50
Controle		19,25	66,75	184,25	206,00	265,00	308,50	406,00	408,00

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1.4 - Área foliar (AF)

A determinação da área foliar de plantas é importante por permitir ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona mais diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz.

Assim como foi observado para o crescimento das plantas em altura, diâmetro caulinar e número de folhas, os níveis de reposição da evapotranspiração exerceram efeito significativo sobre a área foliar das plantas ($p < 0,01$), em todas as épocas de avaliação (Tabela 20). O incremento dos níveis de reposição da evapotranspiração contribuiu, linearmente, para o crescimento das plantas; os acréscimos sobre a área foliar das que foram submetidas ao nível 125% ETc relativos a 25% ETc (segundo modelos matemáticos apresentados na Figura 14), foram 1.314,00, 1.170,90, 489,08, 326,64, 458,64, 693,56 e 786,00% aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente. A área foliar foi a variável mais afetada com níveis baixos de reposição; aos 240 dias, a AF aumentou 0,0706 m² (706 cm²) para cada 1% na reposição da evapotranspiração.

Rodrigues et al. (2009a) verificaram acréscimos sobre a área foliar das plantas submetidas ao nível 120% ETc, relativos a 60% ETc, de 178,87, 47,15, 115,98 e 105,00% aos 48, 90, 132 e 174 DAS, respectivamente. A maior área foliar foi observada por volta de 100 DAS, em todos os níveis de reposição hídrica.

A partir das equações de regressão, apresentadas na Figura 14, o aumento na área foliar das plantas, por cada unidade percentual de incremento da evapotranspiração, foi 0,0249, 0,0544, 0,0583, 0,0546, 0,0646, 0,0695, 0,0706 m², respectivamente, aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda.

Silva et al. (2011) verificaram aumento na área foliar das plantas de pinhão-manso na proporção em que se ampliavam os níveis de reposição hídrica; para cada centésimo de incremento da evapotranspiração os autores registraram aumento absoluto na área foliar de 0,008, 0,023, 0,027, 0,047, 0,065, 0,086, 0,102, 0,130 e 0,142 m², respectivamente, aos 60, 102, 144, 186, 228, 312, 354 e 396 dias após o transplantio.

Detectou-se diferença significativa entre ‘poda alta’ e ‘poda baixa’ apenas aos 30 DAPd, período em que, também, verificou-se interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 20). Na Tabela 21 consta o desdobramento da interação (AF 30 DAPd), onde se observa no nível mais alto de água no solo, maior AF nas plantas ‘poda alta’ (0,564975 m²), comparadas a ‘poda baixa’ (0,267325 m²). Essa relação está melhor ilustrada na Figura 15, a partir da qual foram observados incrementos entre Nr1 e Nr5 de 663,72 e 182,61% % para ‘poda alta’ e ‘poda baixa’, respectivamente.

A ausência de interação significativa nas demais datas denota que o efeito de ‘Nr’ sobre os tipos de podas ocorreu de modo semelhante e independente.

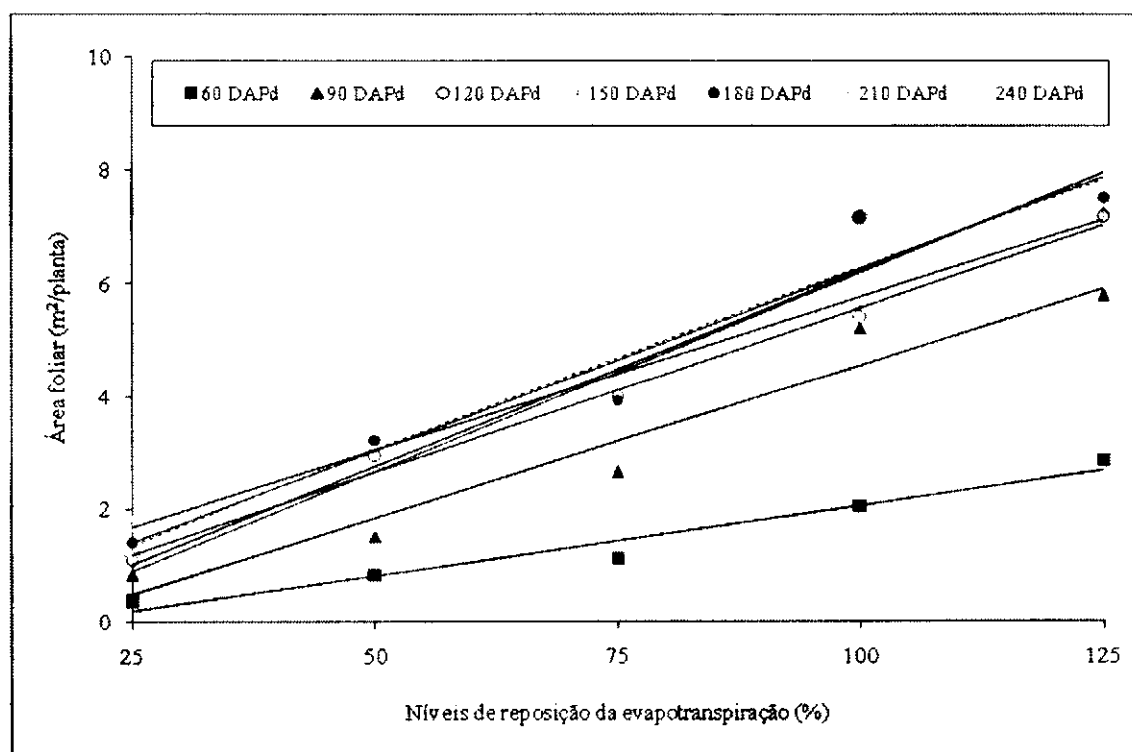
Na Figura 16 consta o crescimento das plantas em área foliar ao longo da pesquisa; percebe-se que o máximo de área foliar ocorreu em épocas distintas de acordo com os tratamentos. As plantas submetidas a 125% ETc aumentaram em AF durante toda a pesquisa, cada planta atingindo em média 8,00m². As plantas testadas com 50% ETc e 100% ETc tiveram o máximo de área foliar aos 180 dias (3,20 e 7,14 m²/planta, respectivamente) enquanto aquelas experimentadas com 25% ETc e 75% ETc tiveram o máximo de área foliar aos 150 dias (1,74 e 4,42 m²/planta, respectivamente) - Figura 16.



Tabela 20 - Resumo das análises de regressão da área foliar (AF) do pinhão-mansó aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	Gl.	Quadrados Médios							
		AF 30 DAPd	AF 60 DAPd	AF 90 DAPd	AF 120 DAPd	AF 150 DAPd	AF 180 DAPd	AF 210 DAPd	AF 240 DAPd
Nível de Rep. (Nr)	4	0,0717**	8,0547**	43,4391**	39,3900**	50,5533**	55,1031**	62,7082**	64,9362**
R. Linear	1	0,2796**	31,0362**	167,2214**	147,6790**	196,0851**	202,6003**	241,6449**	248,9642**
R. Quadrática	1	0,0033 ^{ns}	0,9710**	4,6727**	8,1374**	3,9232*	13,3954**	7,9773**	2,5889 ^{ns}
R. Cúbica	1	0,0036 ^{ns}	0,2097 ^{ns}	1,5707 ^{ns}	0,8547 ^{ns}	1,6070 ^{ns}	3,506 ^{ns}	0,1313 ^{ns}	0,8505 ^{ns}
R. 4º Grau	1	0,0005 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,2913 ^{ns}	0,8888 ^{ns}	0,5977 ^{ns}	1,2099 ^{ns}	1,0793 ^{ns}	7,3412 ^{ns}
Blocos	3	0,0095 ^{ns}	0,0548 ^{ns}	0,2823 ^{ns}	0,3704 ^{ns}	0,3914 ^{ns}	0,5790 ^{ns}	1,9232 ^{ns}	1,7023 ^{ns}
Poda (P)	1	0,0256*	0,0239 ^{ns}	0,4718 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0404 ^{ns}	2,4384 ^{ns}	2,4803 ^{ns}
Interação (Nr x P)	4	0,0189**	0,0293 ^{ns}	0,7707 ^{ns}	0,9877 ^{ns}	0,5066 ^{ns}	1,1663 ^{ns}	0,6036 ^{ns}	0,6335 ^{ns}
Resíduo	27	0,0044	0,0601	0,4025	0,4980	0,6945	0,7685	0,9882	0,9822
CV(%)		26,13	17,10	19,30	18,05	18,10	18,90	22,20	22,39
Poda (P)		Médias (m ² /Planta)							
Baixa		0,2190 b	1,4092 a	3,1782 a	4,1100 a	4,4011 a	4,6709 a	4,7255 a	4,6745 a
Alta		0,2890 a	1,4582 a	3,1954 a	4,1192 a	4,4055 a	4,6073 a	4,2317 a	4,1765 a
DMS		0,0595	0,1590	0,4117	0,4579	0,5407	0,5688	0,6449	0,6430

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.



$$Y_{60DAPd} = 0,0249x - 0,4330$$

$$R^2 = 0,96^{**}$$

$$Y_{180DAPd} = 0,0646x - 0,2065$$

$$R^2 = 0,95^{**}$$

$$Y_{90DAPd} = 0,0544x - 0,8954$$

$$R^2 = 0,92^{**}$$

$$Y_{210DAPd} = 0,0695x - 0,7354$$

$$R^2 = 0,96^{**}$$

$$Y_{120DAPd} = 0,0583x - 0,2655$$

$$R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y_{240DAPd} = 0,0706x - 0,8668$$

$$R^2 = 0,96^{**}$$

$$Y_{150DAPd} = 0,0546x + 0,3065$$

$$R^2 = 0,99^{**}$$

Figura 14 – Área foliar do pinhão-mansó aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

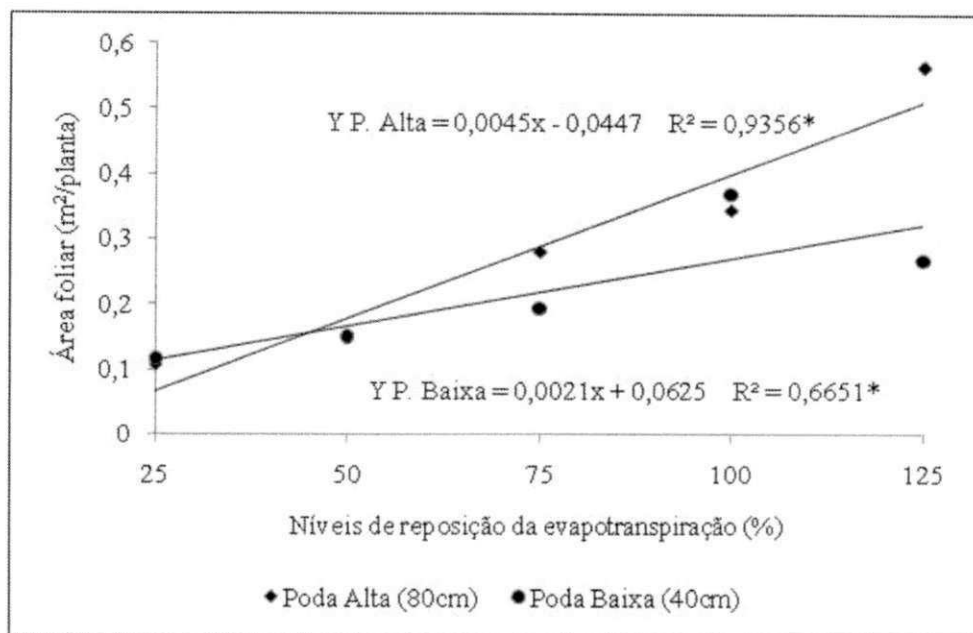


Figura 15 - Interação da área foliar do pinhão-mansó, aos 30 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

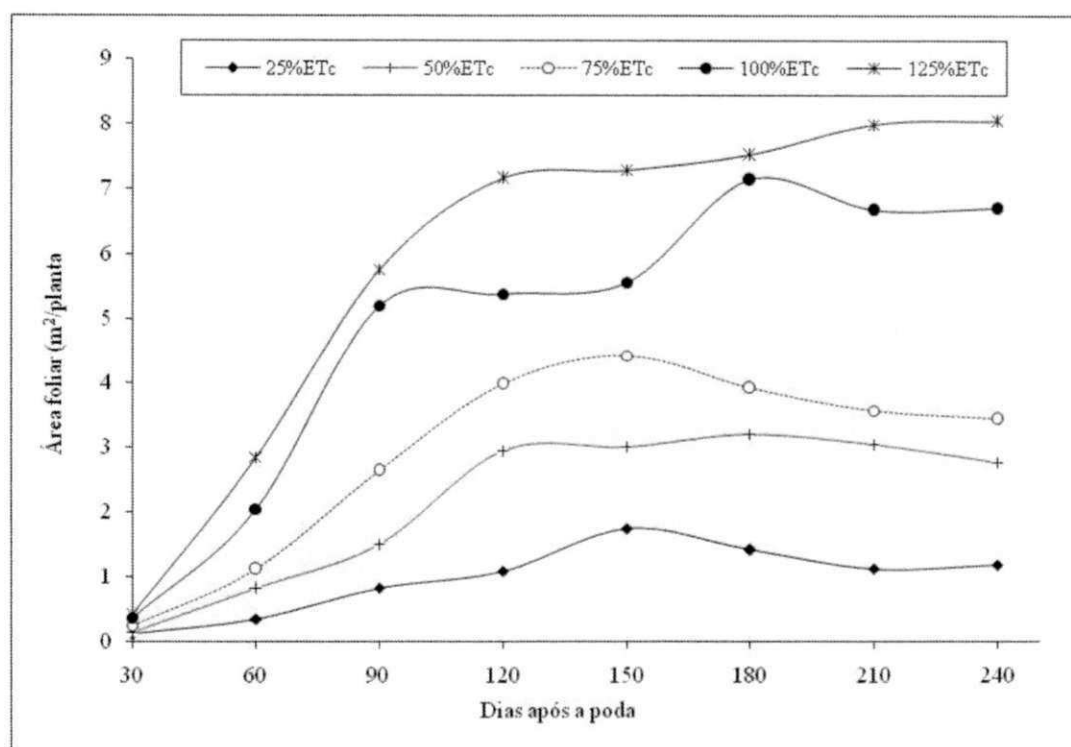


Figura 16 - Evolução da área foliar do pinhão-mansó ao longo do experimento (2º ciclo), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 21 – Resumo do desdobramento da análise de regressão da interação significativa da área foliar (AF) do pinhão-mansão aos 30 DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	Quadrados Médios
	AF 30 DAPd
Nr em poda alta	
Reg. Linear	0,495218*
Reg. Quadrática	0,023900 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,001724 ^{ns}
Reg. 4º Grau	0,008477 ^{ns}
Resíduo	0,008424
Nr em poda alta	
	Médias (m ² /planta)
N ₁ (25%ETc)	0,106775
N ₂ (50%ETc)	0,148250
N ₃ (75%ETc)	0,280750
N ₄ (100%ETc)	0,344525
N ₅ (125%ETc)	0,564975
Nr em poda baixa	
Reg. Linear	0,108994*
Reg. Quadrática	0,005335 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,034135 ^{ns}
Reg. 4º Grau	0,015420 ^{ns}
Resíduo	0,008424
Nr em poda baixa	
	Médias (m ² /planta)
N ₁ (25%ETc)	0,116950
N ₂ (50%ETc)	0,147900
N ₃ (75%ETc)	0,194075
N ₄ (100%ETc)	0,369150
N ₅ (125%ETc)	0,267325
Poda em 25%ET	
Poda alta (80 cm)	0,106775 a
Poda baixa (40 cm)	0,116950 a
Poda em 50%ET	
Poda alta (80 cm)	0,148250 a
Poda baixa (40 cm)	0,147900 a
Poda em 75%ET	
Poda alta (80 cm)	0,280750 a
Poda baixa (40 cm)	0,194075 a
Poda em 100%ET	
Poda alta (80 cm)	0,344525 a
Poda baixa (40 cm)	0,369150 a
Poda em 125%ET	
Poda alta (80 cm)	0,564975 a
Poda baixa (40 cm)	0,267325 b
DMS	0,133164

(**) Efeito significativo a 1 % e (*) a 5 % de probabilidade; (^{ns}) não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente entre si (P<5%) pelo teste de Tukey.

Nas duas primeiras avaliações (30 e 60 DAPd) (Tabela 22) as plantas irrigadas com água residuária (quer poda baixa quer poda alta) tiveram crescimento em área foliar equivalente (25 e 50% ETc) ou, significativamente, superior às do controle (75, 100 e 125% ETc). Dos 90

aos 240 DAPd, apenas as plantas irrigadas com 25% ETC tiveram área foliar, significativamente, inferior, comparadas às plantas controle que foram irrigadas com água não residuária e sem restrição hídrica, enquanto que nos demais contrastes a área foliar foi equivalente e/ou significativamente superior à área foliar das plantas 'controle'. Esses efeitos podem ser atribuídos aos nutrientes aportados pela água residuária.

Tabela 22 - Resumo das análises de variância e médias da área foliar (AF) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		AF 30 DAPd	AF 60 DAPd	AF 90 DAPd	AF 120 DAPd	AF 150 DAPd	AF 180 DAPd	AF 210 DAPd	AF 240 DAPd
Tratamentos	10	0,0898**	3,5879**	18,2258**	16,7401**	21,5087**	23,0825**	25,7280**	25,7280**
Blocos	3	0.0177 ^{ns}	0.0503 ^{ns}	0.2387 ^{ns}	0.3606 ^{ns}	0.3717 ^{ns}	0.5459 ^{ns}	1.8018 ^{ns}	1.5831 ^{ns}
Resíduo	30	0.0076	0.0567	0.3756	0.4539	0.6287	0.6967	0.9088	0.9030
1-N ₂₅ Bx vs Ct.	1	0,0098 ^{ns}	0,0081 ^{ns}	3,1308**	3,9605**	2,1539 ^{ns}	4,6281*	14,1861**	15,1866**
2-N ₂₅ Alt vs Ct.	1	0,0072 ^{ns}	0,0382 ^{ns}	3,6238**	5,7177**	3,0741*	11,8044**	14,8989**	17,1695**
3-N ₅₀ Bx vs Ct.	1	0,0204 ^{ns}	0,3172 ^{ns}	0,54768 ^{ns}	0,1993 ^{ns}	0,0524 ^{ns}	0,1227 ^{ns}	0,9942 ^{ns}	3,0377 ^{ns}
4-N ₅₀ Alt vs Ct.	1	0,0206 ^{ns}	0,2215 ^{ns}	1,0375 ^{ns}	0,1736 ^{ns}	0,3465 ^{ns}	0,0263 ^{ns}	1,4458 ^{ns}	3,4367 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx vs Ct.	1	0,0434*	0,8016**	0,0151 ^{ns}	1,3802 ^{ns}	6,8324**	0,9144 ^{ns}	0,0449 ^{ns}	0,5865 ^{ns}
6-N ₇₅ Alt vs Ct.	1	0,1095**	0,9764**	1,7879*	6,7953**	3,1220*	0,3031 ^{ns}	0,2461 ^{ns}	0,8583 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx vs Ct.	1	0,2078**	4,4106**	28,5896**	5,3505**	15,7571**	25,4430**	25,2018**	22,5667**
8-N ₁₀₀ Alt vs Ct.	1	0,1773**	5,7652**	22,9259**	6,9037**	13,2710**	44,1316**	9,4264**	7,8321**
9-N ₁₂₅ Bx vs Ct.	1	0,0973**	10,9911**	20,4208**	49,5276**	53,4417**	31,1915**	40,7447**	38,3548**
10-N ₁₂₅ Alt vs Ct.	1	0,5371**	12,0077**	33,7842**	33,1416**	63,7286**	25,3853**	29,4221**	26,4351**
CV(%)		27,25	17,72	19,27	17,76	17,83	18,45	21,58	21,65
Tratamentos		Médias (m²)							
1-N ₂₅ Bx		0,1169	0,3860	0,8694	1,2305	1,8384	1,8651	1,1531	1,2772
2-N ₂₅ Alt		0,1067	0,3117	0,7744	0,9469	1,6364	0,9568	1,0871	1,1028
3-N ₅₀ Bx		0,1479	0,8481	1,5972	2,9534	2,7143	3,1385	3,1114	2,8003
4-N ₅₀ Alt		0,1482	0,7827	1,4002	2,9324	3,2924	3,2715	2,9662	2,7219
5-N ₇₅ Bx		0,1941	1,0830	2,2075	3,4686	4,7245	4,0624	3,6665	3,4912
6-N ₇₅ Alt		0,2807	1,1486	3,0659	4,4811	4,1256	3,7755	3,4656	3,3776
7-N ₁₀₀ Bx		0,3691	1,9349	5,9014	4,2734	5,6830	6,9530	7,3662	7,3918
8-N ₁₀₀ Alt		0,3445	2,1477	5,5062	4,4957	5,4521	8,0837	5,9874	6,0116
9-N ₁₂₅ Bx		0,2673	2,7942	5,3158	7,6141	8,0454	7,3354	8,3300	8,4120
10-N ₁₂₅ Alt		0,5649	2,9002	6,2305	6,7085	8,5210	6,9489	7,6519	7,6684
Controle		0,0467	0,4499	2,1205	2,6377	2,8762	3,3863	3,8164	4,0327

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1.5 - Taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP)

Na Tabela 23, observam-se efeitos significativos dos níveis de reposição da evapotranspiração (Nr) na TCA AP, nos quatro períodos iniciais 30-60, 60-90, 90-120 e 120-150 DAPd e no último período (210-240 DAPd), bem como, em todo o tempo experimental (30-240 DAPd), pelo teste F. Nos períodos de 150-180 e 180-210 DAPd não houve efeito significativo dos níveis de reposição sobre a TCA AP.

Na primeira avaliação (30-60 DAPd) verificou-se efeito linear altamente significativo ($P < 0,01$) com acréscimos entre Nr1 (25%) e os demais níveis de 126,82, 253,64, 380,46, 507,26% (Figura 17). Verificou-se efeito quadrático nas avaliações realizadas aos 60-90, 90-120 e 120-150 DAPd em que os pontos de máxima TCA foram observados com 119,50, 111,00 e 81,61% ETc, respectivamente, de forma que, sob níveis maiores de reposição as plantas tiveram suas taxas de crescimento diminuídas.

Nas três avaliações sucessivas, observaram-se as menores taxas de crescimento e com base nos desdobramentos de regressão, não houve efeito significativo do fator reposição (Tabela 23). Na Figura 18 estão ilustrados esses efeitos, porém, para a TCA de todo o período (30-240 DAPd) verificaram-se acréscimos entre Nr1 (25%) e Nr5 (125%) de 115,22%, embora com efeito quadrático.

Araújo et al. (2009), em pesquisa com os mesmos níveis de reposição, porém com água salina (CEa entre 2,20 e 3,92 dS m⁻¹), verificaram variação na taxa de crescimento absoluta das plantas e os maiores valores foram encontrados no período de 150-210 dias após o transplante das mudas.

Quanto aos sistemas de produção 'poda alta' e 'poda baixa' as plantas do último sistema tiveram TCA AP significativamente maior nos intervalos 60-90, 150-180 e 30-240 DAPd. Esse fator ('poda'), ao longo da pesquisa, não interagiu com o nível de reposição da evapotranspiração, denotando efeitos de 'Nr' semelhantes e independentes de 'Poda' (Tabela 23).

Tabela 23 - Resumo das análises de regressão da taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCA AP 30 – 60 DAPd	TCA AP 60 – 90 DAPd	TCA AP 90 – 120 DAPd	TCA AP 120 – 150 DAPd	TCA AP 150 – 180 DAPd	TCA AP 180 – 210 DAPd	TCA AP 210 – 240 DAPd	TCA AP 30 – 240 DAPd
Nível de Reposição (Nr)	4	2,9515**	0,8876**	0,2404**	0,0505 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	0,0191 ^{ns}	0,0005**	0,2754**
Regr. Linear	1	11,7151**	0,5111*	0,3170*	0,0337 ^{ns}	0,0086 ^{ns}	0,0198 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0097 ^{ns}
Regr. Quadr.	1	0,0458 ^{ns}	2,9439**	0,5756**	0,1538*	0,0015 ^{ns}	0,0182 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	1,0605**
Regr. Cúbica	1	0,0118 ^{ns}	0,0409 ^{ns}	0,0270 ^{ns}	0,0109 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,0134 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0039 ^{ns}
Regr. 4º Grau	1	0,0331 ^{ns}	0,0542 ^{ns}	0,0412 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,0038 ^{ns}	0,0250 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0273 ^{ns}
Blocos	3	0,1164 ^{ns}	0,0498 ^{ns}	0,0219 ^{ns}	0,0201 ^{ns}	0,0053 ^{ns}	0,0323 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0097 ^{ns}
Poda (P)	1	1,5840 ^{ns}	0,4459*	0,0120 ^{ns}	0,0601 ^{ns}	0,1709**	0,0450 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,2602**
Inter. (Nr x P)	4	0,0914 ^{ns}	0,1335 ^{ns}	0,0714 ^{ns}	0,0531 ^{ns}	0,1144 ^{ns}	0,0271 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0128 ^{ns}
Resíduo	27	0,0628	0,0701	0,0446	0,0240	0,0158	0,0116	0,0002	0,0088
CV(%)		23,89	24,28	26,95	21,67	28,51	31,17	31,12	14,74
Poda (P)		Médias (cm dia ⁻¹)							
Baixa		1,2480 a	1,1962 a	0,8075 a	0,7717 a	0,5499 a	0,3999 a	0,0467 a	0,7171 a
Alta		0,8500 a	0,9850 b	0,7600 a	0,6583 a	0,3329 b	0,2920 a	0,0406 a	0,5558 b
DMS		0,1626	0,1718	0,1878	0,1469	0,1962	0,1822	0,0173	0,0608

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

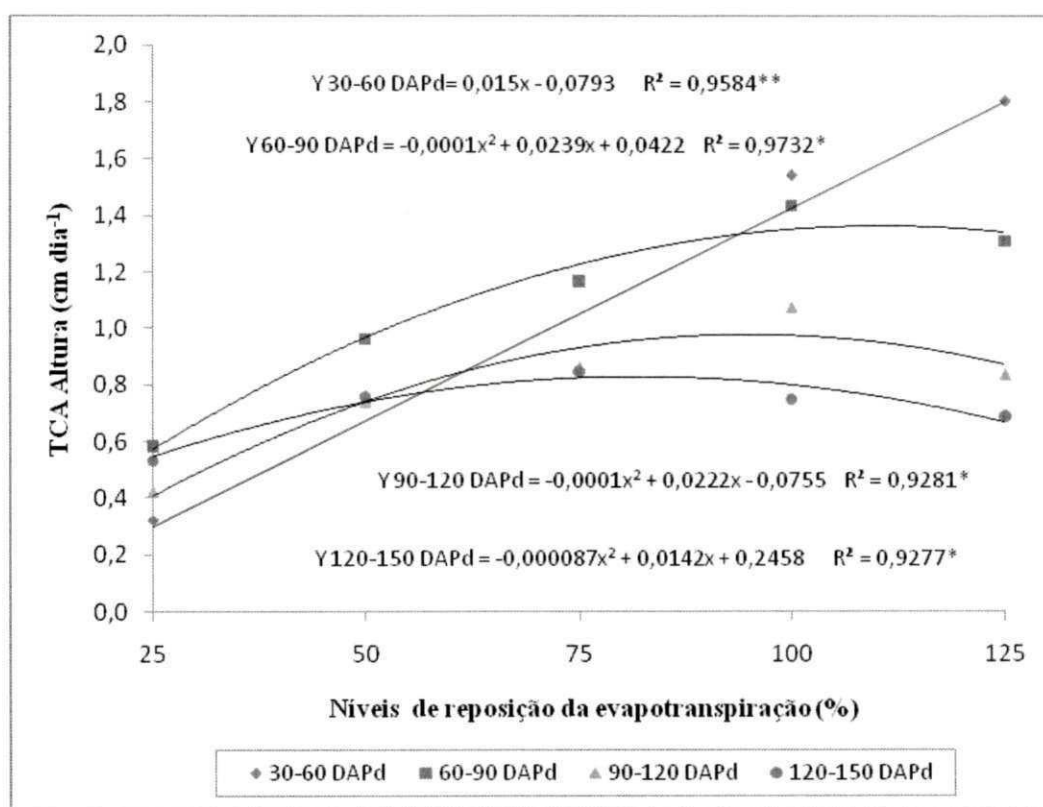


Figura 17 - Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-mansão em quatro períodos, 30-60, 60-90, 90-120 e 120-150 dias após a poda – DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

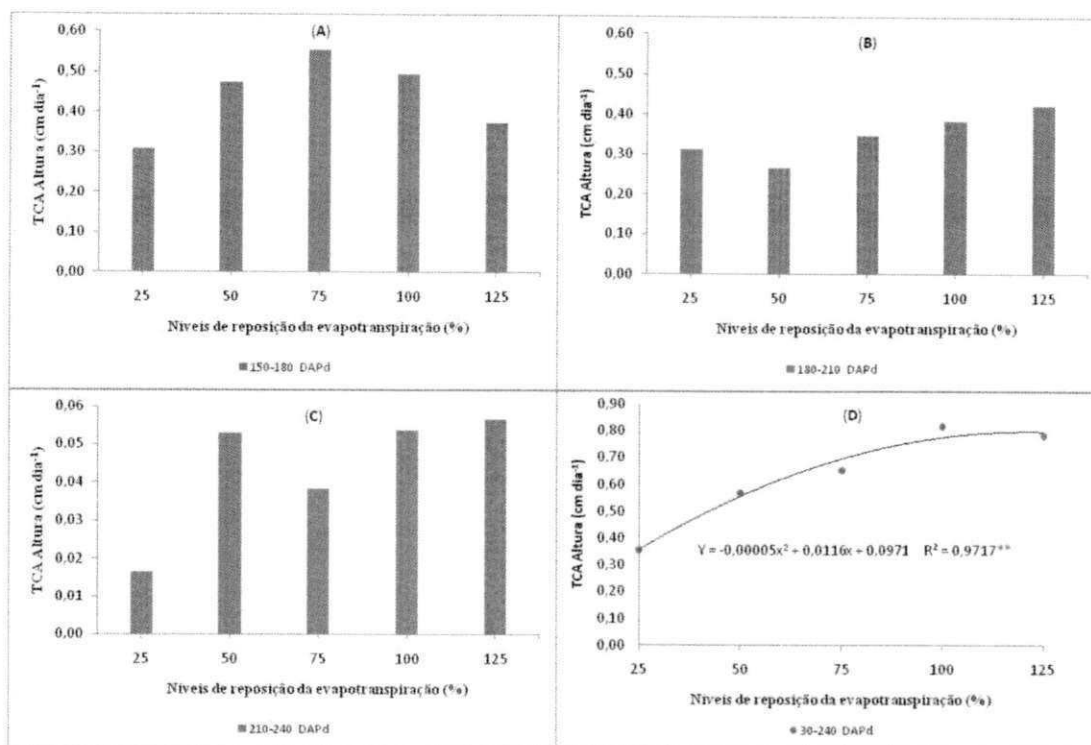


Figura 18 - Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-mansão em quatro períodos, 150-180 (A), 180-210 (B), 210-240 (C) e 30-240 dias após a poda – DAPd (D), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Pela análise da Tabela 24 (resumo das análises de variância para a TCA AP), houve efeitos significativos dos tratamentos nos três períodos iniciais de avaliação; o mesmo foi observado quando se avaliou a taxa de todo o período experimental, ou seja, de 30 a 240 DAPd. Quando se analisam os contrastes, verificam-se diferenças significativas em todas os períodos.

No contraste entre 25% da ET_c versus a testemunha ocorreu efeito significativo dos tratamentos ($p < 0,01$) sobre a TCA AP, apenas no final do experimento (210-240 DAPd), com taxas foram inferiores às taxas do tratamento controle - Tabela 24. Para as plantas submetidas a níveis de reposição maiores, ou seja, a partir de 50% da ET_c , as taxas de crescimento foram, significativamente, maiores ou não diferiram das taxas do tratamento controle. Este comportamento pode ser explicado pela composição de nutrientes da água residuária que promoveu maior crescimento das plantas (Tabela 10). O pinhão-mansão, em condições favoráveis de umidade do solo e, sobretudo, irrigado com água residuária (rica em nutrientes), desenvolve maior taxa de crescimento absoluto em altura de plantas.

No contraste entre 50% da ET_c 'poda baixa' versus a testemunha foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) aos 30-60, 90-120 e 30-240 DAPd sendo no primeiro e último período ao nível de 0,01 de probabilidade e, no segundo período, ao nível de 0,05 de

probabilidade pelo teste F; no fator 'poda alta' só foi constatado efeito significativo ($P < 0,05$) no último período (210-240 DAP).

Contrastando as plantas do tratamento com 75% da ETc com as da testemunha, as plantas do sistema 'poda baixa' foram, significativamente, maiores em seis períodos, 30-60, 60-90, 120-150, 150-180, 210-240 e 30-240 DAPd, ao passo que as plantas do sistema 'poda alta' foram, significativamente, maiores somente em dois períodos, 90-120 e 210-240 DAPd.

Nas plantas dos tratamentos com 100% e 125% de reposição da ETc, irrigadas com água residuária, em relação àquelas do tratamento testemunha, que também receberam 100% de suas necessidades hídricas e não foram irrigadas com água residuária, observa-se que nos três períodos iniciais (30-60, 60-90 e 90-120 DAPd) houve efeito significativo ($P < 0,01$) dos tratamentos, tanto para as plantas que foram submetidas à poda baixa como à poda alta, exceção feita para estas últimas, no período de 90-120 DAPd. Os mesmos efeitos também foram observados para todo o período (30-240 DAPd).

Barros Júnior (2007), utilizando água de abastecimento, encontrou as maiores taxas de crescimento absoluto, em altura de plantas da mamona na primeira avaliação (20 a 40 DAS), com médias de 1,23 e 1,28 cm dia⁻¹, para as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu. Na pesquisa em discussão, observaram-se, na primeira avaliação, taxas maiores, atingindo, em média, 1,80 cm dia⁻¹ sob 125% da ETc. A partir de 120 DAPd, as taxas foram inferiores a unidade, notadamente no último período, 210-240 DAPd (Tabelas 23 e 24).

Para Larcher (2000), paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação que, por sua vez, originam-se no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas para formação e enchimento dos frutos.

Tabela 24 - Resumo das análises de variância e médias da taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP) do pinhão-manso em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCA AP 30 – 60 DAPd	TCA AP 60 – 90 DAPd	TCA AP 90 – 120 DAPd	TCA AP 120 – 150 DAPd	TCA AP 150 – 180 DAPd	TCA AP 180 – 210 DAPd	TCA AP 210 – 240 DAPd	TCA AP 30 – 240 DAPd
Tratamentos	10	1,5575**	0,4803**	0,2949**	0,0821 ^{ns}	0,1277 ^{ns}	0,0352 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,1576**
Blocos	3	0,1312 ^{ns}	0,0337 ^{ns}	0,0438 ^{ns}	0,0383 ^{ns}	0,0051 ^{ns}	0,0382 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0089 ^{ns}
Resíduo	30	0,0609	0,0722 ^s	0,0755	0,0469	0,0854	0,0726	0,0011	0,0080
1-N ₂₅ Bx vs Ct.	1	0,0100 ^{ns}	0,1168 ^{ns}	0,0583 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	0,0139**	0,0003 ^{ns}
2-N ₂₅ Alt vs Ct.	1	0,0245 ^{ns}	0,0990 ^{ns}	0,0200 ^{ns}	0,0450 ^{ns}	0,0200 ^{ns}	0,03125 ^{ns}	0,0088**	0,0312 ^{ns}
3-N ₅₀ Bx vs Ct.	1	1,0878**	0,0767 ^{ns}	0,4201*	0,1605 ^{ns}	0,0235 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,1191**
4-N ₅₀ Alt vs Ct.	1	0,0068 ^{ns}	0,0168 ^{ns}	0,1249 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0501 ^{ns}	0,0938 ^{ns}	0,0055*	0,0042 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx vs Ct.	1	1,2038**	0,8428**	0,1901 ^{ns}	0,2335*	0,5168*	0,0012 ^{ns}	0,0049*	0,2568**
6-N ₇₅ Alt vs Ct.	1	0,1005 ^{ns}	0,0052 ^{ns}	0,8234**	0,4500 ^{ns}	0,0138 ^{ns}	0,0138 ^{ns}	0,0064*	0,0201 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx vs Ct.	1	3,7950**	0,8427**	0,8022**	0,0088 ^{ns}	0,1701 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,3517**
8-N ₁₀₀ Alt vs Ct.	1	2,0808**	0,7958**	1,1100**	0,1088 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0039 ^{ns}	0,2702**
9-N ₁₂₅ Bx vs Ct.	1	4,9298**	0,7320**	0,6049**	0,0450 ^{ns}	0,0200 ^{ns}	0,0501 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	0,4067**
10-N ₁₂₅ Alt vs Ct.	1	3,6448**	0,8800**	0,2449 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	0,0264 ^{ns}	0,0200 ^{ns}	0,1407**
CV(%)		25,07	25,22	26,77	30,77	27,59	26,76	30,11	14,49
Tratamentos		Médias (cm dia⁻¹)							
1-N ₂₅ Bx		0,4125	0,5750	0,5542	0,6167	0,3750	0,3500	0,0084	0,4131
2-N ₂₅ Alt		0,2308	0,5942	0,2833	0,4500	0,2417	0,2750	0,0250	0,3000
3-N ₅₀ Bx		1,0792	1,0125	0,8417	0,8833	0,4500	0,3500	0,0667	0,6690
4-N ₅₀ Alt		0,4000	0,9083	0,6333	0,6333	0,5000	0,1834	0,0392	0,4711
5-N ₇₅ Bx		1,1175	1,4658	0,6917	0,9417	0,8500	0,3750	0,0417	0,7833
6-N ₇₅ Alt		0,5658	0,8675	1,0250	0,7500	0,2584	0,3167	0,0350	0,5252
7-N ₁₀₀ Bx		1,7192	1,4475	1,0167	0,6667	0,6333	0,3667	0,0600	0,8443
8-N ₁₀₀ Alt		1,3617	1,4217	1,1250	0,8333	0,3583	0,4000	0,0475	0,7925
9-N ₁₂₅ Bx		1,9117	1,4800	0,9333	0,7500	0,4417	0,5583	0,0567	0,8759
10-N ₁₂₅ Alt		1,6917	1,1333	0,7333	0,6250	0,3067	0,2850	0,0567	0,6902
Controle		0,3417	0,8167	0,3833	0,6000	0,3417	0,4000	0,0917	0,4250

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1.6 - Taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP)

Constata-se na Tabela 25 ter sido significativo efeito nos quatro períodos iniciais (30-60, 60-90, 90-120 e 120-150 DAPd) e em toda a pesquisa (30-240 DAPd), sendo que no período de 90-120 DAPd só foi detectado efeito significativo após o desdobramento dos graus de liberdade dos níveis de reposição. Os melhores modelos de ajuste dos dados foram linear para os períodos de 30-60 DAPd e 120-150 DAPd e, polinomial quadrático para os períodos de 60-90 DAPd, 90-120 DAPd e 30-240 DAPd.

Foi verificada interação significativa entre os fatores ‘Nr’ e ‘P’ (Tabela 25) para a TCR AP na primeira avaliação, indicação de magnitudes diferentes nas taxas de crescimento relativo e dependente dos níveis de reposição de água no solo. O desdobramento está ilustrado na Tabela 26, em que as plantas ‘poda baixa’ tiveram maior TCR AP, em todos os níveis de reposição, efeitos melhores visualizados na Figura 19A. As taxas de crescimento aumentaram com o incremento da reposição da evapotranspiração; com base nas equações matemáticas

contidas na Figura 19A, calculou-se o acréscimo entre os tratamentos Nr1 e Nr5 de 175,44 e 2500,00%, no sistema 'poda baixa' e 'poda alta', respectivamente. Rodrigues (2008) determinou para a cultura da mamona acréscimos de 82,13 e 69,82 % sobre a TCR AP, entre Nr1 (60% ETc) e os níveis Nr4 (105% ETc) e Nr5 (120% ETc), respectivamente.

Conforme modelos matemáticos apresentados na Figura 19B, é possível prever que as maiores taxas de crescimento relativos ocorrem com 100,00 e 71,43% de reposição da ETc para os períodos 60-90 e 90-120 DAPd, respectivamente. No período posterior (120-150 DAPd), com efeito linear, verificaram-se decréscimos entre Nr1 (25% ETc) e os demais níveis de 9,26, 18,52, 27,78, 37,04%.

De acordo com a Tabela 25, nos períodos 150-180, 180-210 e 210-240 DAPd não houve efeito significativo dos níveis de reposição sobre a TCR AP, cujos dados estão ilustrados na Figura 20A, 20B e 20C. Ao se analisar o período total (30-240 DAPd) e utilizando-se da equação matemática contida na Figura 20D, deduz-se que a maior TCR AP do pinhão-manso é promovida por 116,67% da ETc. Nesse período, verificaram-se acréscimos entre Nr1 (25%) e Nr5 (125%) de 61,54%. A maior disponibilidade de água no solo promoveu maiores taxas de crescimento, resultados corroborados por Roza et al. (2009), ao concluíram que o pinhão-manso tem taxa de crescimento relativo superior, quando submetido a condições de boa disponibilidade hídrica.

Quanto ao fator 'poda', verifica-se pela Tabela 25, que as plantas submetidas inicialmente, à 'poda baixa', tiveram taxas significativamente maiores em cinco períodos (30-60, 60-90, 120-150, 150-180 DAPd e no período total da pesquisa, 30-240 DAPd), indicando que nesses períodos as plantas podadas a 40 cm de altura foram mais eficientes na formação de novos tecidos.

Constata-se na Tabela 25, que à semelhança da taxa de crescimento absoluto, em altura de plantas, a taxa de crescimento relativo, em altura de plantas de pinhão-manso também decresceu no decorrer do período, ou seja, com a idade das plantas. As taxas variaram, em média, de 0,0211 cm cm⁻¹ dia⁻¹ (poda baixa) e 0,0087 cm cm⁻¹ dia⁻¹ (poda alta), na primeira avaliação, até 0,00024 cm cm⁻¹ dia⁻¹ (poda baixa) e 0,00019 cm cm⁻¹ dia⁻¹ (poda alta) no último período. Nery (2008), estudando diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, também verificou queda na TCR AP das plantas de pinhão-manso com a idade, com variação da taxa de crescimento, em média, de 0,0340 cm cm⁻¹ dia⁻¹, no primeiro período (37-58 DAS), a 0,0037 cm cm⁻¹ dia⁻¹, no último período (142-163 DAS). Carvalho & Nakagawa (2000) explicam que a taxa de crescimento das plantas é geneticamente controlada, e, fatores que determinem diferentes

taxas iniciais de crescimento terão efeito, apenas, durante a fase de crescimento exponencial das plantas, diminuindo de intensidade à medida que elas crescem.

Para Benincasa (2003), o crescimento relativo está relacionado à eficiência da planta em formar tecidos novos a partir dos preexistentes, sendo um indicativo de grande importância na avaliação de materiais genéticos sob diferentes condições de estresse.

Tabela 25 - Resumo das análises de regressão da taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP) do pinhão-mansinho em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCR AP 30 – 60 DAPd	TCR AP 60 – 90 DAPd	TCR AP 90 – 120 DAPd	TCR AP 120 – 150 DAPd	TCR AP 150 – 180 DAPd	TCR AP 180 – 210 DAPd	TCR AP 210 – 240 DAPd	TCR AP 30 – 240 DAPd
Nível de Repos. (Nr)	4	0,0004**	3,0E-05*	4,31E-06 ^{ns}	5,40E-06*	2,30E-06 ^{ns}	8,94E-07 ^{ns}	1,60E-08 ^{ns}	1,00E-05**
Reg. Linear	1	0,0016**	2,20E-05 ^{ns}	2,13E-06 ^{ns}	9,20E-06*	2,20E-06 ^{ns}	6,54E-07 ^{ns}	1,80E-08 ^{ns}	1,30E-05**
Reg. Quadr.	1	0,0000 ^{ns}	4,00E-05*	1,03E-05*	4,40E-06 ^{ns}	1,90E-06 ^{ns}	5,30E-07 ^{ns}	1,50E-08 ^{ns}	2,70E-05**
Reg. Cúbica	1	0,0000 ^{ns}	3,10E-05 ^{ns}	2,71E-06 ^{ns}	4,70E-06 ^{ns}	2,40E-06 ^{ns}	3,99E-07 ^{ns}	1,70E-08 ^{ns}	1,00E-07 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,0000 ^{ns}	2,90E-05 ^{ns}	2,11E-06 ^{ns}	3,32E-06 ^{ns}	2,70E-06 ^{ns}	2,00E-07 ^{ns}	1,40E-08 ^{ns}	1,00E-07 ^{ns}
Blocos	3	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	2,08E-07 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	2,76E-06 ^{ns}	7,94E-07 ^{ns}	4,67E-09 ^{ns}	2,73E-07 ^{ns}
Poda (P)	1	0,0015**	2,0E-04**	1,93E-06 ^{ns}	1,00E-06**	1,00E-05*	3,94E-07 ^{ns}	2,50E-08 ^{ns}	1,00E-05**
Inter. (Nr x P)	4	0,00002*	0,0000 ^{ns}	2,22E-06 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	4,59E-07 ^{ns}	1,30E-08 ^{ns}	3,39E-07 ^{ns}
Resíduo	27	7,01E-06	7,70E-06	2,435E-06	1,96E-06	8,86E-07	6,94E-06	6,21E-09	2,15E-07
CV(%)		17,73	26,94	26,87	30,06	36,53	30,46	35,81	8,06
Poda (P)		Médias (cm cm ⁻¹ dia ⁻¹)							
Baixa		0,0211 a	0,0125 a	0,0065 a	0,0053 a	0,0033 a	0,0022 a	0,00024 a	0,00731 a
Alta		0,0087 b	0,0080 b	0,0051 a	0,0039 b	0,0018 b	0,0151 a	0,00019 a	0,00418 b
DMS		0,00171	0,00181	0,00139	0,00091	0,00111	0,00088	0,00037	0,00030

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

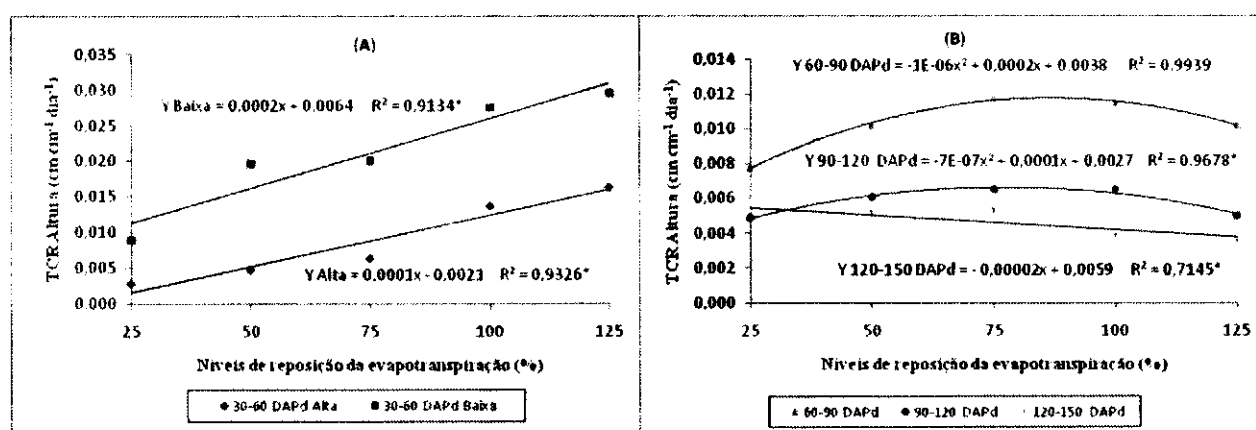


Figura 19 - Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-mansinho em quatro períodos, 30-60 (interação) (A), 60-90, 90-120 e 120-150 dias após a poda – DAPd (B), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

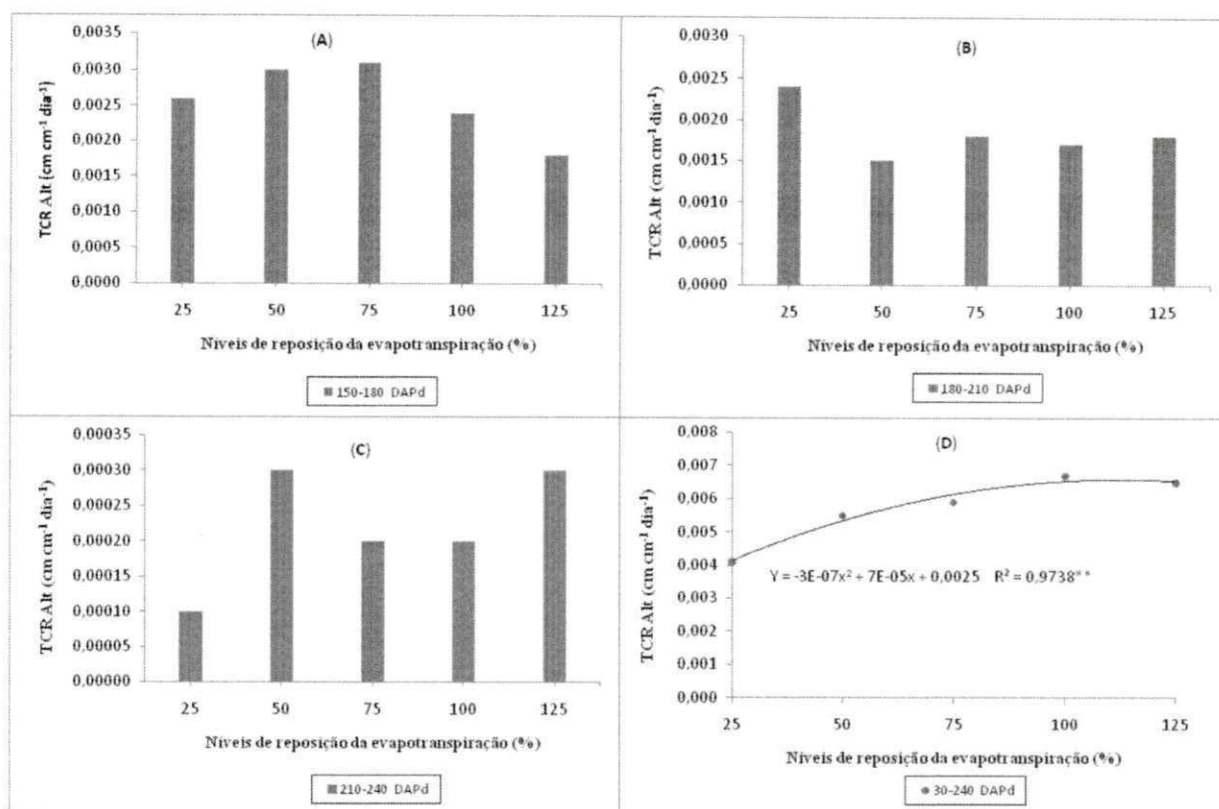


Figura 20 - Taxa de crescimento relativo da altura de planta do pinhão-mansão em quatro períodos, 150-180 (A), 180-210 (B), 210-240 (C) e 30-240 dias após a poda – DAPd (D), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 26 – Resumo do desdobramento da análise de regressão da interação significativa da taxa de crescimento relativo do pinhão-mansão no período de 30 a 60 DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	Quadrados Médios
	TCR AP 30-60 DAPd
Nr em poda alta	
Reg. Linear	0,000521**
Reg. Quadrática	0,000014 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,000008 ^{ns}
Reg. 4º Grau	0,000015 ^{ns}
Resíduo	0,000007
Nr em poda alta	
	Médias (cm cm⁻¹ dia⁻¹)
N ₁ (25%ETc)	0,002750
N ₂ (50%ETc)	0,004675
N ₃ (75%ETc)	0,006325
N ₄ (100%ETc)	0,013675
N ₅ (125%ETc)	0,016300
Nr em poda baixa	
Reg. Linear	0,001040**
Reg. Quadrática	0,000002 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,000009 ^{ns}
Reg. 4º Grau	0,000001 ^{ns}
Resíduo	0,000007
Nr em poda baixa	
	Médias (cm cm⁻¹ dia⁻¹)
N ₁ (25%ETc)	0,008925
N ₂ (50%ETc)	0,019625
N ₃ (75%ETc)	0,020075
N ₄ (100%ETc)	0,027525
N ₅ (125%ETc)	0,029475
Poda em 25%ET	
Poda alta (80 cm)	0,002750 b
Poda baixa (40 cm)	0,008925 a
Poda em 50%ET	
Poda alta (80 cm)	0,004675 b
Poda baixa (40 cm)	0,019625 a
Poda em 75%ET	
Poda alta (80 cm)	0,006325 b
Poda baixa (40 cm)	0,020075 a
Poda em 100%ET	
Poda alta (80 cm)	0,013675 b
Poda baixa (40 cm)	0,027525 a
Poda em 125%ET	
Poda alta (80 cm)	0,016300 b
Poda baixa (40 cm)	0,029475 a
DMS	0,003843

(**) Efeito significativo a 1 % e (*) a 5 % de probabilidade; (^{ns}) não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente entre si (P<5%) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 27, pode ser verificado ter havido efeito significativo da TCR AP até 150 DAPd; pelos contrastes, porém, só não houve efeito dos tratamentos na fase de 180 – 210 DAPd.

Pode-se inferir que as taxas de crescimentos dos 10 tratamentos, ao longo da fenologia da planta, foram estatisticamente equivalentes ou significativamente superiores às taxas do tratamento controle em que as plantas foram irrigadas sem restrição hídrica com água não residuária, salvo no último período (210-240 DAPd).

Na primeira avaliação (30-60 DAPd), as plantas do sistema 'poda baixa' tiveram maiores TCR AP, em relação às da testemunha, em todos os níveis de reposição da ETc, enquanto as plantas do sistema 'poda alta' só suplantaram às da testemunhas sob 100 e 125% de reposição da evapotranspiração (Tabela 27). No segundo período de avaliação (60-90 DAPd), também, as plantas do fator 'poda baixa' tiveram taxas significativamente maiores, em relação às do controle, quando irrigadas com níveis iguais ou superiores a 75% da ETc, o que não foi percebido nas plantas 'poda alta'.

No período seguinte (90-120 DAPd), observaram-se resultados muito parecidos com aqueles obtidos na primeira avaliação, porém, sob 75% ETc, as plantas do tipo 'poda alta' tiveram altura significativamente maior, indicando terem superado, em parte, os menores crescimentos das etapas anteriores.

Contrastando, 0,00646 e 0,00444 cm cm⁻¹ dia⁻¹ no período de 120-150 DAPd, deduz-se que somente as plantas de 25% ETc 'poda baixa' tiveram altura significativamente maior que as da testemunha. Também, no período seguinte (150-180 DAPd), apenas as plantas podadas inicialmente a 40 cm (aqui denominadas 'poda baixa') e irrigadas com 75% ETc tiveram TCR AP (0,00473 cm cm⁻¹ dia⁻¹) significativamente superior ao tratamento controle (0,00229 cm cm⁻¹ dia⁻¹).

Na avaliação correspondente ao período compreendido entre 180 e 210 DAPd, não houve contraste com as plantas 'controle', logo não se observaram efeitos significativos; já na etapa sucessiva (210-240 DAPd), houve diferenças significativas entre as médias de todos os níveis de reposição e a testemunha, exceção feita para o contraste 3 (N_{50Bx} vs Ct). Nota-se que as plantas 'controle' nessa fase tiveram TCRs significativamente superiores, ao contrário do verificado nas fases anteriores, indicando que as plantas irrigadas com água residuária anteciparam a formação de tecidos novos a partir dos preexistentes.

Ao se avaliar a TCR AP em todo o período de estudo (30-240 DAPd), nota-se que, mesmo sob restrição hídrica, as plantas de pinha-manso, irrigadas com água residuária, são capazes de expressar maiores taxas de crescimento (Tabela 27), o que certamente repercutirá em seu desenvolvimento e em sua reprodução.

Tabela 27 - Resumo das análises de variância e médias da taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCR AP 30 – 60 DAPd	TCR AP 60 – 90 DAPd	TCR AP 90 – 120 DAPd	TCR AP 120 – 150 DAPd	TCR AP 150 – 180 DAPd	TCR AP 180 – 210 DAPd	TCR AP 210 – 240 DAPd	TCR AP 30 – 240 DAPd
Tratamentos	10	0,000358**	0,000033**	0,000011*	0,000005*	0,000004 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	5,50E-08 ^{ns}	0,0000015 ^{ns}
Blocos	3	0,000020 ^{ns}	0,000009 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	1,12E-07 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	3,06E-08 ^{ns}	2,49E-07 ^{ns}
Resíduo	30	0,000007	0,000008	0,000004	0,000002	0,000003	0,000002	2,97E-08	1,95E-07
1-N ₂₅ Bx VS Ct.	1	0,000050*	0,000004 ^{ns}	0,000032**	0,000008*	0,000002 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000**	0,000007**
2-N ₂₅ Alt VS Ct.	1	0,000003 ^{ns}	0,000007 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000**	0,000001*
3-N ₅₀ Bx VS Ct.	1	0,000493**	0,000027 ^{ns}	0,000033**	0,000006 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000026**
4-N ₅₀ Alt VS Ct.	1	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000006 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	0,000000*	0,000000 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx VS Ct.	1	0,000522**	0,000119**	0,000010 ^{ns}	0,000006 ^{ns}	0,000012*	0,000001 ^{ns}	0,000000*	0,000035**
6-N ₇₅ Alt VS Ct.	1	0,000012 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000040**	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000**	0,000001 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx VS Ct.	1	0,001114**	0,000048*	0,000026*	0,000001 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000*	0,000040**
8-N ₁₀₀ Alt VS Ct.	1	0,000190**	0,000008 ^{ns}	0,000019*	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000**	0,000006**
9-N ₁₂₅ Bx VS Ct.	1	0,001306**	0,000041*	0,000014*	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000*	0,000041**
10-N ₁₂₅ Alt VS Ct.	1	0,000306**	0,000000 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	0,000000*	0,000003**
CV(%)		18,89	27,73	36,54	28,99	34,85	30,08	34,34	7,97
Tratamentos		Médias (cm cm⁻¹ dia⁻¹)							
1-N ₂₅ Bx		0,00894	0,00950	0,00716	0,00646	0,00341	0,00287	0,00007	0,00549
2-N ₂₅ Alt		0,00275	0,00619	0,00262	0,00378	0,00183	0,00194	0,00017	0,00275
3-N ₅₀ Bx		0,01963	0,01176	0,00725	0,00627	0,00288	0,00204	0,00037	0,00717
4-N ₅₀ Alt		0,00465	0,00863	0,00494	0,00427	0,00304	0,00103	0,00022	0,00383
5-N ₇₅ Bx		0,02009	0,01580	0,00541	0,00620	0,00473	0,00191	0,00020	0,00776
6-N ₇₅ Alt		0,00634	0,00777	0,00761	0,00459	0,00146	0,00169	0,00019	0,00412
7-N ₁₀₀ Bx		0,02753	0,01296	0,00674	0,00376	0,00323	0,00180	0,00029	0,00804
8-N ₁₀₀ Alt		0,01367	0,01014	0,00626	0,00399	0,00155	0,00162	0,00019	0,00534
9-N ₁₂₅ Bx		0,02946	0,01263	0,00585	0,00411	0,00224	0,00241	0,00027	0,00814
10-N ₁₂₅ Alt		0,01630	0,00772	0,00418	0,00317	0,00140	0,00122	0,00026	0,00489
Controle		0,00394	0,00807	0,00319	0,00444	0,00229	0,00249	0,00055	0,00357

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1.7 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC)

Observando-se a Tabela 28, verificam-se poucos efeitos significativos dos níveis de reposição da ETc ('Nr') sobre as taxas de crescimento do diâmetro caulinar. Silva (2009), porém, no primeiro ciclo, sob os mesmos tratamentos, observou efeitos lineares na maioria dos períodos em que foram avaliadas as TCA DC, aumentando as taxas com o incremento dos níveis de reposição.

Notam-se, porém, pelas médias observadas, maiores taxas de crescimento nos dois períodos iniciais (30-60 e 60-90 DAPd), tal como se verificou para as taxas da altura de plantas. Nos períodos em que ocorreu efeito significativo dos tratamentos, o efeito foi linear; no período de 90-120 DAPd só se observou efeito significativo após o desdobramento dos graus de liberdade de 'Nr' e o inverso foi verificado na avaliação sucessiva (120-150 DAPd), em que houve efeito significativo dos níveis de reposição, contudo, não confirmado no desdobramento. A partir dessa avaliação não se observaram efeitos significativos dos níveis de reposição da ETc.

Já ao se analisar todo o período experimental (30-240 DAPd), observou-se mais consistência dos efeitos, pois houve significância dos níveis de reposição ($P < 0,05$), ajustando-se os dados à regressão linear ($P < 0,01$).

As médias da TCA do DC estão ilustradas na Figura 21 em que se observam variabilidade das taxas entre os diferentes níveis de reposição, até mesmo, nos casos em que houve significância estatística, uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) foram da ordem de 0,73 (Figura 21C) e 0,70 (Figura 21H). Com base na equação matemática contida na Figura 21C, verificaram-se acréscimos, entre Nr1 (25%) e os demais níveis, de 53,19%, 106,38%, 159,57%, 212,76% na TCA DC 90-120 DAPd; para a TCA DC 30-240 DAPd (Figura 21H) os sucessivos acréscimos entre Nr1 (25%) e os demais níveis foram 17,06%, 34,12%, 51,18%, 68,24%, denotando maior crescimento sob maiores níveis de reposição. Rodrigues (2008) observou, para a TCA DC da cultura da mamoneira efeito linear no período inicial de crescimento. Durante o período de 27-48 dias, após a semeadura, esse mesmo autor, determinou um acréscimo de 110% na TCA DC da mamoneira, entre as plantas irrigadas com 60% e 120% da evapotranspiração.

Ainda de acordo com a Tabela 28 nota-se ausência de diferença significativa entre as médias ‘poda baixa’ e ‘poda alta’, bem como, ausência de interação significativa do fator ‘poda’ com o fator ‘nível de reposição’.

Tabela 28 - Resumo das análises de regressão e médias da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansinho em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCA DC 30-60 DAPd	TCA DC 60-90 DAPd	TCA DC 90-120 DAPd	TCA DC 120-150 DAPd	TCA DC 150-180 DAPd	TCA DC 180-210 DAPd	TCA DC 210-240 DAPd	TCA DC 30-240 DAPd
Nível de Reposição (Nr)	4	1,49E-03 ^{ns}	3,00E-04 ^{ns}	3,99E-04 ^{ns}	2,80E-04*	1,67E-04 ^{ns}	1,18E-04 ^{ns}	3,23E-05 ^{ns}	5,50E-05*
Regr. Linear	1	1,19E-03 ^{ns}	3,80E-04 ^{ns}	6,68E-04*	3,70E-04 ^{ns}	1,98E-04 ^{ns}	2,16E-04 ^{ns}	3,86E-05 ^{ns}	1,90E-04**
Regres. Quadr.	1	1,77E-03 ^{ns}	3,30E-04 ^{ns}	4,22E-04 ^{ns}	2,50E-04 ^{ns}	1,36E-04 ^{ns}	1,28E-04 ^{ns}	2,60E-05 ^{ns}	2,59E-05 ^{ns}
Regr. Cúbica	1	1,12E-03 ^{ns}	2,10E-04 ^{ns}	2,11E-04 ^{ns}	2,90E-04 ^{ns}	1,77E-04 ^{ns}	1,10E-04 ^{ns}	3,05E-05 ^{ns}	1,00E-06 ^{ns}
Regr. 4º Grau	1	1,89E-03 ^{ns}	2,80E-04 ^{ns}	3,03E-04 ^{ns}	2,10E-04 ^{ns}	1,57E-04 ^{ns}	1,80E-05 ^{ns}	3,41E-05 ^{ns}	3,00E-06 ^{ns}
Blocos	3	1,20E-03 ^{ns}	3,40E-04 ^{ns}	4,00E-04 ^{ns}	2,60E-04 ^{ns}	1,90E-04 ^{ns}	1,00E-04 ^{ns}	4,00E-05 ^{ns}	4,03E-05 ^{ns}
Poda (P)	1	2,10E-03 ^{ns}	3,00E-04 ^{ns}	3,00E-04 ^{ns}	3,00E-04 ^{ns}	1,60E-04 ^{ns}	1,00E-05 ^{ns}	5,67E-05 ^{ns}	3,20E-05 ^{ns}
Inter. (Nr x P)	4	2,70E-04 ^{ns}	3,01E-04 ^{ns}	1,10E-04 ^{ns}	2,20E-04 ^{ns}	1,15E-04 ^{ns}	1,10E-04 ^{ns}	2,60E-05 ^{ns}	2,00E-05 ^{ns}
Resíduo	27	5,83E-04	1,17E-04	1,48E-04	9,84E-05	7,21E-05	6,75E-05	1,45E-05	1,39E-04
CV(%)		30,63	21,94	30,52	27,24	24,55	26,29	24,18	29,20
Poda (P)		Médias (mm dia ⁻¹)							
Baixa		0,068330 a	0,046835 a	0,045175 a	0,035335 a	0,041010 a	0,032835 a	0,015000 a	0,039670 a
Alta		0,089325 a	0,051840 a	0,034670 a	0,037500 a	0,028180 a	0,029660 a	0,016505 a	0,041050 a
DMS		0,051467	0,035835	0,026039	0,015889	0,030202	0,027835	0,013714	0,010264

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

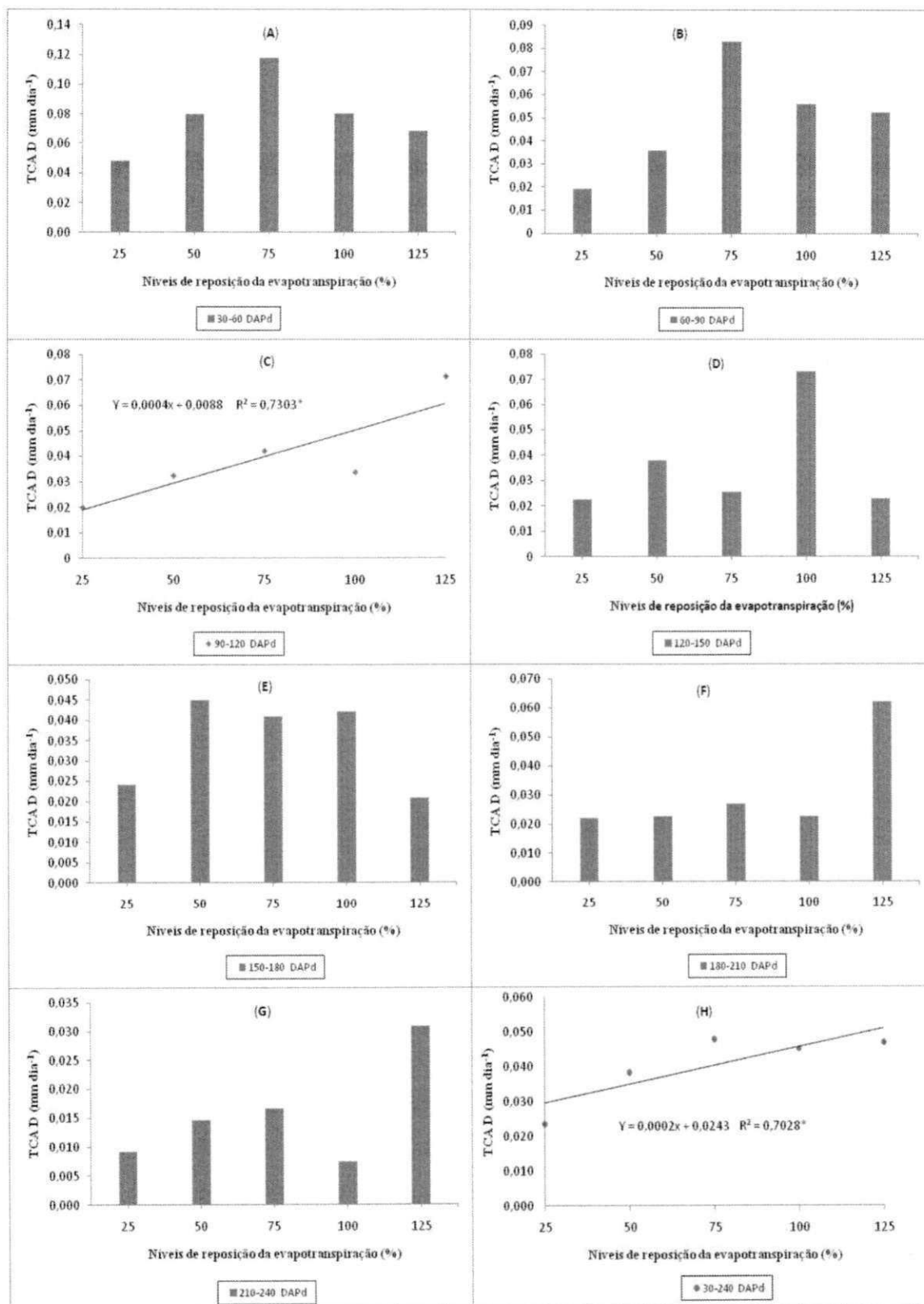


Figura 21 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansó em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Com base nos quadrados médios dos tratamentos, verificam-se ausência de diferenças significativas, entretanto nos contrastes foram observadas diferenças significativas nas fontes de variação (Tabela 29).

Nota-se com base nos contrastes, presentes na Tabela 29, que até o terceiro período de avaliação, ou seja, até a metade do período experimental, não haver diferença significativa entre as TCA DC das plantas irrigadas com água residuária e a TCA DC das plantas 'testemunha', o que, de certa forma, pode ser atribuído ao aporte de nutrientes da água residuária, uma vez que até as plantas irrigadas com 25% ETc tiveram taxas de crescimento equivalentes ao controle.

Foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre a TCA DC na fase 120-150 DAPd, período em que as plantas irrigadas com 100% ETc, seja 'poda baixa' ou 'poda alta', tiveram maiores taxas de crescimento, quando contrastadas com as do tratamento 'controle'.

Na avaliação correspondente ao período de 150-180 DAPd, observou-se maior frequência de contrastes significativos, em que as plantas 'controle' tiveram TCA DC ($0,0958 \text{ mm dia}^{-1}$) significativamente maior quando contrastadas com os tratamentos 'N_{25%} baixa' ($0,0192 \text{ mm dia}^{-1}$), 'N_{25%} alta' ($0,0292 \text{ mm dia}^{-1}$), 'N_{50%} alta' ($0,0217 \text{ mm dia}^{-1}$), 'N_{75%} alta' ($0,0225 \text{ mm dia}^{-1}$) e 'N_{125%} baixa' ($0,0083 \text{ mm dia}^{-1}$).

Nas últimas fases da pesquisa (180-210 e 210-240 DAPd) não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha, porém, quando se considera todo o período de estudo (30-240 DAPd), apenas as plantas irrigadas com 25% ETc tiveram taxas significativamente menores que as taxas das plantas 'controle'.



Tabela 29 - Resumo das análises de variância e médias da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansinho em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCA DC 30-60 DAPd	TCA DC 60-90 DAPd	TCA DC 90-120 DAPd	TCA DC 120-150 DAPd	TCA DC 150-180 DAPd	TCA DC 180-210 DAPd	TCA DC 210-240 DAPd	TCA DC 30-240 DAPd
Tratamentos	10	0,0036 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,00167 ^{ns}	0,002664 ^{ns}	0,001429 ^{ns}	0,000884 ^{ns}	0,001639 ^{ns}
Blocos	3	0,0247 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,00037 ^{ns}	0,00026 ^{ns}	0,003480 ^{ns}	0,000958 ^{ns}	0,000320 ^{ns}	0,000986 ^{ns}
Resíduo	30	0,0061	0,0027	0,0015	0,00054	0,002083	0,001706	0,000415	0,000026
1-N ₂₅ Bx VS Ct.	1	0,0026 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,00020 ^{ns}	0,011750*	0,000088 ^{ns}	0,002686 ^{ns}	0,001639*
2-N ₂₅ Alt VS Ct.	1	0,0001 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,00042 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,008884*	0,000169 ^{ns}	0,002934 ^{ns}	0,000986*
3-N ₅₀ Bx VS Ct.	1	0,0010 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00012 ^{ns}	0,000865 ^{ns}	0,001510 ^{ns}	0,000139 ^{ns}	0,000867 ^{ns}	0,000026 ^{ns}
4-N ₅₀ Alt VS Ct.	1	0,00002 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,010989*	0,000200 ^{ns}	0,003750 ^{ns}	0,000634 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx VS Ct.	1	0,0049 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,00105 ^{ns}	0,000006 ^{ns}	0,002686 ^{ns}	0,000088 ^{ns}	0,001800 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
6-N ₇₅ Alt VS Ct.	1	0,0044 ^{ns}	0,0054 ^{ns}	0,00042 ^{ns}	0,000036 ^{ns}	0,010738*	0,000001 ^{ns}	0,001794 ^{ns}	0,000023 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx VS Ct.	1	0,0012 ^{ns}	0,00029 ^{ns}	0,00015 ^{ns}	0,005682**	0,004191 ^{ns}	0,000068 ^{ns}	0,003325 ^{ns}	0,000097 ^{ns}
8-N ₁₀₀ Alt VS Ct.	1	0,0043 ^{ns}	0,00042 ^{ns}	0,00000 ^{ns}	0,003196*	0,007601 ^{ns}	0,000113 ^{ns}	0,002805 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx VS Ct.	1	0,0006 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	0,00525 ^{ns}	0,000023 ^{ns}	0,015313*	0,000800 ^{ns}	0,001800 ^{ns}	0,000146 ^{ns}
10-N ₁₂₅ Alt VS Ct.	1	0,0005 ^{ns}	0,00025 ^{ns}	0,00047 ^{ns}	0,000035 ^{ns}	0,007806 ^{ns}	0,001706 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,000040 ^{ns}
CV(%)		30,30	27,40	28,74	28,63	23,63	25,24	25,60	29,77
Tratamentos		Médias (mm dia⁻¹)							
1-N ₂₅ Bx		0,0333	0,0167	0,0167	0,0167	0,0192	0,0300	0,0100	0,0204
2-N ₂₅ Alt		0,0625	0,0217	0,0233	0,0283	0,0292	0,0142	0,0084	0,0268
3-N ₅₀ Bx		0,0925	0,0408	0,0300	0,0283	0,0683	0,0317	0,0258	0,0454
4-N ₅₀ Alt		0,0667	0,0308	0,0350	0,0475	0,0217	0,0133	0,0034	0,0312
5-N ₇₅ Bx		0,1192	0,0708	0,0608	0,0284	0,0592	0,0300	0,0167	0,0501
6-N ₇₅ Alt		0,1167	0,0950	0,0233	0,0225	0,0225	0,0242	0,0167	0,0456
7-N ₁₀₀ Bx		0,0450	0,0550	0,0292	0,0800	0,0500	0,0292	0,0059	0,0420
8-N ₁₀₀ Alt		0,1158	0,0575	0,0383	0,0667	0,0342	0,0158	0,0092	0,0482
9-N ₁₂₅ Bx		0,0517	0,0508	0,0892	0,0233	0,0083	0,0434	0,0167	0,0405
10-N ₁₂₅ Alt		0,0850	0,0541	0,0533	0,0225	0,0333	0,0808	0,0450	0,0534
Controle		0,0695	0,0429	0,0379	0,0267	0,0958	0,0233	0,0467	0,0489

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1.8 - Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC)

Conforme os resultados da análise de regressão, (Tabela 30), praticamente não houve efeitos significativos dos níveis de reposição da evapotranspiração - 'Nr' sobre a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar - TCR DC. O único efeito significativo (P<0,01) detectado sobre a TCR DC foi no período de 120-150 DAPd.

As taxas médias estão ilustradas na Figura 22, onde se observam que as maiores taxas de crescimento foram registradas na primeira avaliação, tal como ocorreu para as de TCA e TCR, tanto para altura de plantas, como para o diâmetro caulinar, discutidas nos itens anteriores. Segundo Larcher (2000), as reduções das taxas de crescimento vegetativo ocorrem em função da aceleração do crescimento produtivo e canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação.

No único período em que houve efeito (120-150 DAPd) e fazendo uso do modelo matemático quadrático apresentado na Figura 22D, verifica-se ponto de máxima TCR com 75% de ETc.

Quanto ao fator 'poda' verifica-se ausência total de diferença significativa entre as médias 'poda alta' e 'poda baixa', em todos os períodos de avaliação (Tabela 30). Também verificou-se ausência de interação significativa, entre os dois fatores estudados, o que é explicado pela independência entre eles ('Nr' e 'P').

Tabela 30 - Resumo das análises de regressão e médias da taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCR DC 30-60 DAPd	TCR DC 60-90 DAPd	TCR DC 90-120 DAPd	TCR DC 120-150 DAPd	TCR DC 150-180 DAPd	TCR DC 180-210 DAPd	TCR DC 210-240 DAPd	TCR DC 30-240 DAPd
Nível de Repos. (Nr)	4	4,10E-07 ^{ns}	1,45E-07 ^{ns}	5,19E-08 ^{ns}	1,17E-06**	2,26E-08 ^{ns}	3,45E-08 ^{ns}	6,05E-09 ^{ns}	5,97E-09 ^{ns}
Regr. Linear	1	6,00E-07 ^{ns}	1,80E-07 ^{ns}	6,00E-08 ^{ns}	8,04E-08 ^{ns}	2,03E-08 ^{ns}	5,75E-08 ^{ns}	1,00E-08 ^{ns}	1,10E-08 ^{ns}
Rcg. Quadr.	1	3,00E-07 ^{ns}	1,10E-07 ^{ns}	4,40E-08 ^{ns}	4,40E-06**	3,10E-08 ^{ns}	2,01E-08 ^{ns}	6,92E-09 ^{ns}	6,12E-09 ^{ns}
Regr. Cúbica	1	4,20E-07 ^{ns}	1,67E-07 ^{ns}	3,20E-08 ^{ns}	9,30E-08 ^{ns}	2,70E-08 ^{ns}	5,03E-08 ^{ns}	6,54E-09 ^{ns}	5,76E-09 ^{ns}
Regr. 4º Grau	1	3,20E-07 ^{ns}	1,23E-07 ^{ns}	7,18E-08 ^{ns}	8,94E-08 ^{ns}	1,20E-08 ^{ns}	1,02E-08 ^{ns}	7,74E-10 ^{ns}	9,90E-10 ^{ns}
Blocos	3	5,01E-07*	5,82E-08 ^{ns}	5,22E-08 ^{ns}	6,37E-08 ^{ns}	6,21E-09 ^{ns}	1,25E-08 ^{ns}	7,60E-09 ^{ns}	3,95E-08 ^{ns}
Poda (P)	1	6,66E-07 ^{ns}	7,23E-08 ^{ns}	1,82E-08 ^{ns}	5,40E-08 ^{ns}	2,72E-08 ^{ns}	6,40E-08 ^{ns}	9,90E-09 ^{ns}	7,89E-08 ^{ns}
Inter. (Nr x P)	4	4,18E-07 ^{ns}	5,23E-08 ^{ns}	2,20E-08 ^{ns}	1,10E-08 ^{ns}	3,08E-08 ^{ns}	1,43E-08 ^{ns}	7,01E-09 ^{ns}	3,65E-08 ^{ns}
Resíduo	27	1,66E-07	5,85E-08	2,64E-08	2,23E-08	1,45E-08	1,59E-08	2,92E-09	2,35E-08
CV(%)		34,86	35,44	29,96	29,58	24,93	32,38	27,69	27,36
Poda (P)		Médias (mm mm ⁻¹ dia ⁻¹)							
Baixa		0,00099 a	0,00064 a	0,00061 a	0,00046 a	0,00056 a	0,00043 a	0,00020 a	0,00055 a
Alta		0,00134 a	0,00072 a	0,00047 a	0,00054 a	0,00040 a	0,00035 a	0,00019 a	0,00057 a
DMS		0,00072	0,00051	0,00032	0,00023	0,00042	0,00028	0,00016	0,00014

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

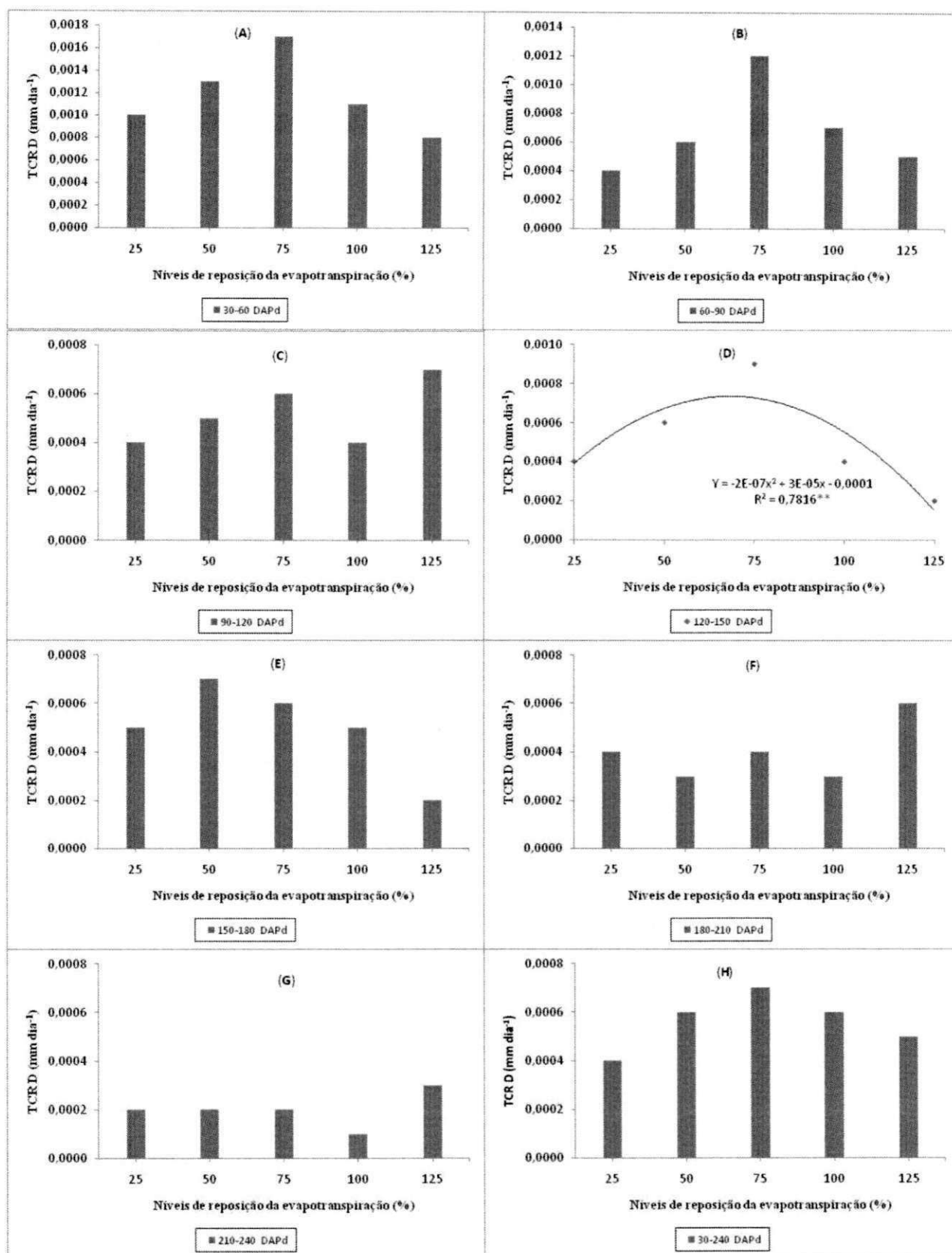


Figura 22 - Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansô em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Pela Tabela 31, não houve efeito dos tratamentos sobre as taxas de crescimento relativo do diâmetro caulinar, porém, pelos contrastes, até o terceiro período de avaliação, à semelhança do observado para a TCA DC, não houve diferença significativa entre as TCR DC das plantas irrigadas com água residuária e a TCR DC das plantas 'testemunha'. Por outro lado, Silva (2009), verificou para as plantas dos tratamentos com 75%, 100% e 125% de reposição da ETC *versus* a testemunha, tendências de efeitos dos tratamentos sobre a TCR DC, até 144 dias após o transplante – DAT.

No período de 120-150 DAPd houve apenas um contraste significativo (N_{100Bx} vs Ct), sendo a média $N_{100 Bx}$ ($0,00100 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) significativamente maior que a média 'controle' ($0,00037 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); entre 150-180 DAPd, também foi verificado apenas um contraste significativo ($P < 0,05$), mas a média 'controle' ($0,00129 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi significativamente maior que a média $N_{125 Bx}$ ($0,00010 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$).

Não foram verificadas diferenças significativas entre as plantas irrigadas com água residuária e aquelas irrigadas com água não residuária na avaliação realizada no período compreendido entre 180 e 210 dias após a poda. No último período (210-240 DAPd), observou-se maior frequência de contrastes significativos; curiosamente, as plantas 'testemunhas' nesse período, só não superaram as plantas irrigadas com água residuárias em duas situações, $N_{50Baixa}$ e $N_{125Alta}$. Na avaliação considerando todo o período (30-240 DAPd), observou-se que apenas as plantas irrigadas com 25% ETC 'poda baixa' ($0,00273 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) tiveram taxa média significativamente inferior à taxa média do tratamento 'controle' ($0,00474 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

Tabela 31 - Resumo das análises de variância da taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansinho em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCR D 30-60 DAPd	TCR D 60-90 DAPd	TCR D 90-120 DAPd	TCR D 120-150 DAPd	TCR D 150-180 DAPd	TCR D 180-210 DAPd	TCR D 210-240 DAPd	TCR D 30-240 DAPd
Tratamentos	10	7,64E-07 ^{ns}	3,53E-07 ^{ns}	1,70E-07 ^{ns}	2,89E-07 ^{ns}	4,55E-07 ^{ns}	1,28E-07 ^{ns}	9,61E-08 ^{ns}	2,00E-06 ^{ns}
Blocos	3	5,00E-06 ^{ns}	5,70E-07 ^{ns}	4,57E-08 ^{ns}	8,52E-08 ^{ns}	6,03E-07 ^{ns}	1,01E-07 ^{ns}	3,36E-08 ^{ns}	ificativos
Resíduo	30	0,000000	5,59E-07	2,20E-07	1,10E-07	3,92E-07	1,70E-07	4,66E-08	2,00E-06
1-N ₂₅ Bx VS Ct.	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000**	0,000008*
2-N ₂₅ Alt VS Ct.	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000**	0,000002 ^{ns}
3-N ₅₀ Bx VS Ct.	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}
4-N ₅₀ Alt VS Ct.	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000001**	0,000003 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx VS Ct.	1	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000*	0,000000 ^{ns}
6-N ₇₅ Alt VS Ct.	1	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000*	0,000000 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx VS Ct.	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001*	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000*	0,000002 ^{ns}
8-N ₁₀₀ Alt VS Ct.	1	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000**	0,000000 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx VS Ct.	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000003*	0,000000 ^{ns}	0,000000**	0,000006 ^{ns}
10-N ₁₂₅ Alt VS Ct.	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
CV(%)		32,60	36,51	29,45	31,80	26,92	31,23	26,12	28,74
Tratamentos		Médias (mm mm⁻¹ dia⁻¹)							
1-N ₂₅ Bx		0,00067	0,00032	0,00032	0,00032	0,00036	0,00055	0,00021	0,00273
2-N ₂₅ Alt		0,00127	0,00043	0,00045	0,00055	0,00055	0,00026	0,00018	0,00365
3-N ₅₀ Bx		0,00144	0,00060	0,00046	0,00042	0,00099	0,00044	0,00040	0,00473
4-N ₅₀ Alt		0,00114	0,00052	0,00057	0,00078	0,00035	0,00021	0,00010	0,00362
5-N ₇₅ Bx		0,00172	0,00106	0,00090	0,00043	0,00081	0,00040	0,00022	0,00497
6-N ₇₅ Alt		0,00172	0,00138	0,00033	0,00032	0,00036	0,00034	0,00027	0,00457
7-N ₁₀₀ Bx		0,00059	0,00070	0,00037	0,00100	0,00063	0,00035	0,00015	0,00370
8-N ₁₀₀ Alt		0,00157	0,00074	0,00049	0,00084	0,00043	0,00021	0,00016	0,00437
9-N ₁₂₅ Bx		0,00056	0,00055	0,00094	0,00024	0,00010	0,00046	0,00018	0,00297
10-N ₁₂₅ Alt		0,00097	0,00057	0,00057	0,00023	0,00033	0,00081	0,00046	0,00391
Controle		0,00102	0,00061	0,00053	0,00037	0,00129	0,00031	0,00061	0,00474

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.2 – Variáveis de reprodução e produção

5.1.2.1 – Início da floração

Conforme os resultados da Tabela 32, os níveis de reposição da ETc afetaram, significativamente ($P < 0,01$), o início da floração (emissão da primeira inflorescência), em modelo regressão linear. A partir da equação matemática, apresentada na Figura 23A, deduziram-se decréscimos para o surgimento da primeira inflorescência, nas plantas irrigadas com restrição hídrica. Os atrasos no início da floração, entre Nr1 (25% ETc) e os demais níveis crescentes de reposição, foram de 12,39%, 24,78%, 37,17% e 49,56%. De acordo com os dados médios observados, enquanto as plantas irrigadas com 125% ETc iniciaram a floração, em média, aos 71 DAPd, aquelas irrigadas com 25% ETc só iniciaram a floração por volta dos 136 DAPd, portanto, com atraso de 65 dias. Constata-se portanto, que a baixa disponibilidade hídrica

no solo afeta não só o crescimento, mas, também, o desenvolvimento das plantas de pinhão-manso. Na primeira etapa dessa pesquisa (durante o primeiro ciclo do pinhão-manso), sob as mesmas condições, Silva (2009) verificou ausência de efeito significativo, havendo pouca variação entre os tratamentos, com início da floração ocorrendo entre 76 e 89 dias após o transplântio – DAT, entre os níveis de 125 e 25% da ETc respectivamente.

Rodrigues (2008) observou na mamoneira atraso de 10 dias no início da floração, ocorrendo aos 72 e 82 dias nas plantas irrigadas com 120 e 60% da evapotranspiração. Lacerda (2006) observou que o início da floração da mamoneira é antecipado sob condições de maior disponibilidade hídrica no solo. Com 70, 90 e 100% de água disponível (AD), o autor registrou que as três primeiras inflorescências na mamona surgiram aos 101, 73 e 69 DAS, respectivamente.

Pelo teste ‘F’ notou-se efeito significativo ($P < 0,01$) do fator ‘poda’ constatado pelo teste de ‘Tukey’, com florescimento das plantas ‘poda baixa’ mais tardiamente que o das plantas ‘poda alta’.

De acordo com a análise de variância (Tabela 34), houve diferenças significativas ($P < 0,01$) (contrastes significativos) entre o início da floração das plantas tratadas com 25% ETc (plantas ‘baixa’ e ‘alta’) e com 50% ETc (planta ‘baixa’) comparadas às plantas do tratamento ‘controle’ que iniciaram a floração mais precocemente (em torno de 88 dias). Já as plantas do tratamento 125% ETc, poda ‘alta’, floresceram mais precocemente (67 dias), em comparação às do ‘controle’.

5.1.2.2 – Emissão do 1º cacho (início da frutificação)

No tocante a essa variável, pelos dados apresentados na Tabela 32, houve efeitos significativos de todas as fontes de variação (‘Nr’, blocos, ‘poda’) bem como interação significativa, com o desdobramento apresentado na Tabela 33.

Como consequência do atraso no início da floração, na proporção em que se aplicaram menores níveis de reposição da ETc, também houve atraso no início da frutificação, ocorrendo, em média, e aos 106 DAPd sob 125% ETc e aos 163 DAPd, no tratamento sob 25% ETc DAPd, portanto, com atraso de 57 dias (Tabela 33).

As plantas do submetidas à ‘poda baixa’ atrasaram o início da frutificação, comparadas às plantas submetidas à ‘poda alta’. Enquanto, em média, as plantas ‘poda baixa’ frutificaram aos 148,8 DAPd, a frutificação das plantas ‘poda alta’ ocorreu aos 131 DAPd (Tabela 32).



Na Figura 23B, está ilustrada a interação significativa ($P < 0,05$), entre os fatores estudados. Com base na equação linear da condição ‘poda baixa’, nota-se que as plantas irrigadas com 25% ETc (Nr1) tiveram atraso de 41,76% (78 dias), quando comparadas àquelas irrigadas com 125% ETc (Nr5), ocorrendo aos 188 e 110 DAPd, respectivamente.

Para o sistema ‘poda alta’, os dados se ajustaram melhor ao modelo quadrático, ainda assim, observam-se atrasos de 17 e 46 dias quando se compara o início da frutificação sob o tratamento 25% ETc (143 DAPd) com o início da frutificação sob os tratamentos 100% ETc (126 DAPd) e 125% ETc (97 DAPd), respectivamente.

Ao se analisar o desdobramento da interação (Tabela 33), observa-se diferença significativa entre os dois sistemas, apenas dentro do nível de 25% ETc, sendo a frutificação das plantas ‘poda baixa’ (187,25 DAPd) significativamente maior que em ‘poda alta’ (138,00 DAPd).

As plantas irrigadas com água não residuária e sem restrição hídrica (‘controle’) iniciaram a frutificação por volta dos 135 dias após a poda (Tabela 34); pelos contrastes, essas plantas frutificaram mais precocemente que as submetidas a 25% ETc e poda ‘baixa’ (187,25 dias) e 50% ETc ‘baixa’ (171,25 dias); por outro lado, foram mais tardias em relação aos tratamentos 100% ETc ‘alta’ (111,00 dias), 125% ETc ‘baixa’ (109,75 dias) e 125% ETc ‘baixa’ (102,50 dias).

5.1.2.3 – Maturação (início, final e período da maturação)

Em relação às variáveis de maturação, os resultados de **início da maturação** e de **final da maturação** são similares sob todos os aspectos (Tabela 32). Pelas médias observadas, constata-se atraso de 47 dias entre as plantas irrigadas com 25% ETc, comparadas àquelas irrigadas com 125% ETc.

Quanto ao fator ‘poda’, a maturação de frutos das plantas do sistema de produção ‘poda baixa’ foram mais tardias, com atraso de 18 dias em relação às plantas do sistema ‘poda alta’ (Tabela 32). Com o desdobramento da interação significativa (Figura 23C e 23D, Tabela 33) notam-se comportamentos diferenciados, efeito linear e quadrático para ‘poda baixa’ e ‘poda alta’, respectivamente. Pela Tabela 33, entretanto, observa-se diferença significativa entre os dois sistemas, apenas dentro do nível de 25% ETc, como foi verificado para a emissão do primeiro cacho.

Para a variável **período de maturação** (duração em dias entre o início e o final da maturação), não foram observados efeitos significativos dos fatores estudados, tampouco interação entre os mesmos, provavelmente, por ser uma característica genética do pinhão-mansão,

em que a maturação ocorre num período de, aproximadamente, 7 a 8 dias (Tabela 32), independente de agente estressor. Esse comportamento está ilustrado na Figura 23E onde se nota pouca variabilidade no período de maturação, entre os diferentes níveis de reposição da ETc.

Tabela 32 - Resumo das análises de regressão e médias do início da floração e frutificação (emissão do 1º cacho), início, final e período de maturação do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		Início da Floração	Emissão do 1º Cacho	Início da Maturação	Final da Maturação	Período de Maturação
Nível de Reposição (Nr)	4	5589,4625**	5293,5875**	3896,2125**	3888,9625**	0.8500 ^{ns}
Regressão Linear	1	21978,4500**	19500,01250**	14338,0125**	14204,4500**	0,3125 ^{ns}
Regr. Quadrática	1	264.1428 ^{ns}	943.08036 ^{ns}	518.5804 ^{ns}	549.1428 ^{ns}	0,4375 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	48.0500 ^{ns}	708.05000 ^{ns}	702.1125 ^{ns}	762.6125 ^{ns}	1,2500 ^{ns}
Regressão 4º Grau	1	67.2071 ^{ns}	23.20714 ^{ns}	26.1446 ^{ns}	39.6446 ^{ns}	1,4000 ^{ns}
Blocos	3	112.3000 ^{ns}	1085,6917*	1150,4667*	1207,5667*	1,3667 ^{ns}
Poda (P)	1	1322,5000**	3115,2250**	3240,0000**	3348,9000**	0,9000 ^{ns}
Interação (Nr x P)	4	247.0625 ^{ns}	760,1625*	895,4375*	950,7125*	1,9000 ^{ns}
Resíduo	27	105.0222	236.6265	262.1321	261.8188	0,8836
CV(%)		10,18	10,71	9,29	8,90	12,30
Poda (P)	Médias					
	...DAPd...					dias
Alta		94,9000 b	131,1500 b	160,9000 b	168,2000 b	7,3000 a
Baixa		106,4000 a	148,8000 a	178,9000 a	186,5000 a	7,6000 a
DMS		6,6494	9,9990	10,5241	10,5178	0,611025

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Gl. Resíduo = 27 (PARA emissão do 1º INFLORESCÊNCIA)

GL Resíduo = 26 (uma parcela perdida a partir da emissão do 1º cacho)

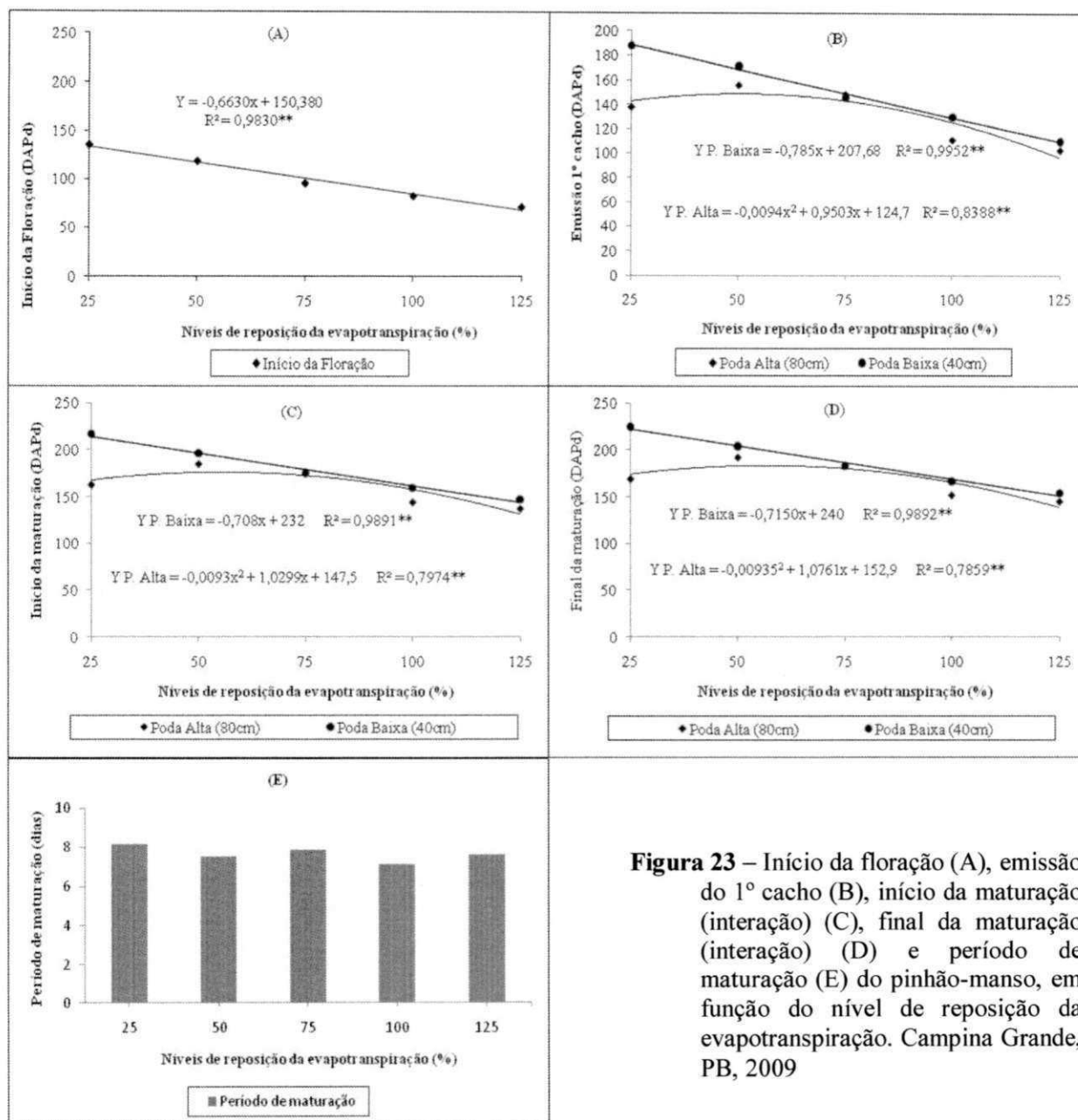


Figura 23 – Início da floração (A), emissão do 1º cacho (B), início da maturação (interação) (C), final da maturação (interação) (D) e período de maturação (E) do pinhão-manso, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 33 – Resumo dos desdobramentos das análises de regressão com interações significativas da emissão do primeiro cacho, do início e final da maturação do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	Quadrados Médios		
	Emissão do 1º Cacho	Início da Maturação	Final da Maturação
Nr em Alt			
Reg. Linear	5382,400000**	3294,225000**	3080,025000**
Reg. Quadrática	1944,642857**	1886,160714*	1980,160714*
Reg. Cúbica	1188,100000*	1221,025000*	1288,225000*
Reg. 4º Grau	219,657143 ^{ns}	94,889286 ^{ns}	90,289286 ^{ns}
Resíduo	236,626529	262,132150	261,818816
Nr em Alt			
Médias (DAPd)			
N ₁ (25%ETc)	138,000000	162,500000	168,750000
N ₂ (50%ETc)	156,000000	184,500000	192,000000
N ₃ (75%ETc)	148,250000	176,000000	183,500000
N ₄ (100%ETc)	111,000000	144,250000	151,750000
N ₅ (125%ETc)	102,500000	137,250000	145,000000
Nr em poda baixa			
Reg. Linear	15405,625000**	12531,600000**	12780,625000**
Reg. Quadrática	0,446429 ^{ns}	126,000000 ^{ns}	129,017857 ^{ns}
Reg. Cúbica	10,000000 ^{ns}	6,400000 ^{ns}	10,000000 ^{ns}
Reg. 4º Grau	64,128571 ^{ns}	6,300000 ^{ns}	0,357143 ^{ns}
Resíduo	6152,289744	262,132150	261,818836
Nr em poda baixa			
Médias (DAPd)			
N ₁ (25%ETc)	187,250000	216,750000	224,750000
N ₂ (50%ETc)	171,250000	196,500000	204,000000
N ₃ (75%ETc)	145,750000	175,000000	183,250000
N ₄ (100%ETc)	130,000000	159,500000	166,250000
N ₅ (125%ETc)	109,750000	146,750000	154,250000
Poda em 25% ETc			
Poda alta (80cm)	138,000000 b	162,500000 b	168,750000 b
Poda baixa (40cm)	187,250000 a	216,750000 a	224,750000 a
Poda em 50% ETc			
Poda alta (80cm)	156,000000 a	184,500000 a	192,000000 a
Poda baixa (40cm)	171,250000 a	196,500000 a	204,000000 a
Poda em 75% ETc			
Poda alta (80cm)	148,250000 a	176,000000 a	183,500000 a
Poda baixa (40cm)	145,750000 a	175,000000 a	183,250000 a
Poda em 100% ETc			
Poda alta (80cm)	111,000000 a	144,250000 a	151,750000 a
Poda baixa (40cm)	130,000000 a	159,500000 a	166,250000 a
Poda em 125% ETc			
Poda alta (80cm)	102,500000 a	137,250000 a	145,000000 a
Poda baixa (40cm)	109,750000 a	146,750000 a	154,250000 a
DMS	22,358384	23,532554	23,518475

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

Quanto aos contrastes apresentados na Tabela 34, observam-se resultados idênticos para o início e para o final da maturação. As plantas 'controle' tiveram início e final da maturação em torno de 171 e 181 DAPd, respectivamente. No início da maturação, as plantas que, significativamente, diferiram das plantas 'controle', sendo mais tardias, foram 25% ETc 'baixa' (216,75 dias) e 50% ETc 'baixa' (196,50 dias) e, no final da maturação, os valores mesmos tratamentos foram, 25% ETc 'baixa' (224,75 dias) e 50% ETc 'baixa' (204,00 dias). As plantas mais precoces que as plantas 'controle', seja no início ou no final da maturação, foram as irrigadas sob 100% ETc 'alta', 125% ETc 'baixa' e 125% ETc 'alta'.

Ainda pela Tabela 34, observa-se que para o período de maturação, todos os contrastes (níveis de reposição da evapotranspiração *versus* tratamento testemunha) foram significativos ($P < 0,01$). Infere-se, pelas médias, que a aplicação da água residuária abrevia a maturação, em 1 ou 2 dias, mesmo sendo irrigada com restrição hídrica, como 25% da ETc.

Também, tem sido observado que em condições irrigadas ou sob elevada disponibilidade de umidade, a planta altera seu porte, apresentando crescimento exuberante, retardando o florescimento e a maturação dos frutos (WEISS, 1971). Em pinhão-manso, o crescimento acentuado, provocado pela água residuária, notadamente pelos níveis maiores de reposição da ETc, foi vantajoso para as variáveis reprodutivas.

Tabela 34 - Resumo das análises de variância e médias do início da floração, emissão do 1º cacho, início, final e período de maturação do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		Início da Floração	Emissão do 1º Cacho	Início da Maturação	Final da Maturação	Período de Maturação
Tratamentos	10	2522,7727**	2741,5761**	2241,1000**	2275,2784**	3,3284**
Blocos	3	127,8258 ^{ns}	1188,5966**	1275,7879**	1330,7329**	1,051 ^{ns}
Resíduo	29	103,9424	226,8655	247,5360	243,8650	0,7527
1-N ₂₅ Bx vs Ct.	1	5724,5000**	5434,0312**	4186,1250**	3850,0312**	7,0312**
2-N ₂₅ Alt vs Ct.	1	3444,5000**	16,5312 ^{ns}	144,5000 ^{ns}	294,0312 ^{ns}	26,2812**
3-N ₅₀ Bx vs Ct.	1	3741,1250**	2610,0312**	1300,5000*	1069,5312*	11,2812**
4-N ₅₀ Alt vs Ct.	1	612,5000 ^{ns}	871,5312 ^{ns}	364,5000 ^{ns}	247,5312 ^{ns}	11,2812**
5-N ₇₅ Bx vs Ct.	1	50,0000 ^{ns}	225,7812 ^{ns}	32,0000 ^{ns}	11,2812 ^{ns}	5,2812**
6-N ₇₅ Alt vs Ct.	1	180,5000 ^{ns}	344,5312 ^{ns}	50,0000 ^{ns}	13,7812 ^{ns}	11,2812**
7-N ₁₀₀ Bx vs Ct.	1	10,1250 ^{ns}	52,5312 ^{ns}	264,5000 ^{ns}	427,7812 ^{ns}	19,5312**
8-N ₁₀₀ Alt vs Ct.	1	392,0000 ^{ns}	1164,0312*	1431,1250*	1696,5312*	11,2812**
9-N ₁₂₅ Bx vs Ct.	1	351,1250 ^{ns}	1287,7812*	1176,1250*	1417,7812*	11,2812**
10-N ₁₂₅ Alt vs Ct.	1	903,1250**	2128,7812**	2278,1250**	2574,0312**	9,0312**
CV(%)		10,24	10,55	9,04	8,59	11,05
Tratamentos		Médias				
		.....DAPd.....				Dias
1-N ₂₅ Bx		141,7500	187,2500	216,7500	224,7500	8,0000
2-N ₂₅ Alt		129,7500	138,0000	162,5000	168,7500	8,3333
3-N ₅₀ Bx		131,5000	171,2500	196,5000	204,0000	7,5000
4-N ₅₀ Alt		105,7500	156,0000	184,5000	192,0000	7,5000
5-N ₇₅ Bx		93,2500	145,7500	175,0000	183,2500	8,2500
6-N ₇₅ Alt		97,7500	148,2500	176,0000	183,5000	7,5000
7-N ₁₀₀ Bx		90,5000	130,0000	159,5000	166,2500	6,7500
8-N ₁₀₀ Alt		74,2500	111,0000	144,2500	151,7500	7,5000
9-N ₁₂₅ Bx		75,0000	109,7500	146,7500	154,2500	7,5000
10-N ₁₂₅ Alt		67,0000	102,5000	137,2500	145,0000	7,7500
Controle		88,2500	135,1250	171,0000	180,8750	9,8750

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL Resíduo = 30 (para emissão do 1º inflorescência); GL Resíduo = 29 (uma parcela perdida a partir da emissão do 1º cacho)

5.1.2.4 – Número de cachos por planta

O número de cachos produzidos por planta é uma das variáveis mais importantes, pois está diretamente relacionada à produção que depende de vários fatores, dentre eles o clima da região, sistema de produção, tratos culturais, bem como, da fertilidade do solo.

Observa-se que os níveis de reposição da ETc afetaram significativamente, ao nível de 0,01 de probabilidade, o número médio de cachos (Tabela 35). Os dados se ajustaram melhor ao modelo exponencial, apresentado na Figura 24A. Verificaram-se acréscimos muito elevados entre Nr₁ (25% ETc) e os sucessivos níveis crescentes de reposição da ETc, da ordem de 134%, 447%, 1.181%, 2.896%, respectivamente. O aumento do teor de umidade do solo contribuiu para uma maior produção das plantas.

Souza et al. (2010) concluíram que a irrigação com esgoto doméstico tratado contribuiu para o aumento da produtividade da mamona, porém, os nutrientes contidos no esgoto

tratado não eram suficientes para aumentar a produção, em comparação com a adubação recomendada para a cultura.

As plantas do sistema 'poda alta' foram, significativamente, mais produtivas que as plantas do sistema 'poda baixa', produzindo, em média, dois cachos a mais; enquanto as de poda 'alta' produziram 11,90 cachos, as de poda 'baixa' formaram 9,90 cachos (Tabela 35). No geral, no segundo ciclo, a produção (número de cachos/planta) foi relativamente baixa, em comparação à produção verificada no primeiro ciclo; segundo Silva (2009), no primeiro ciclo (396 dias) as plantas chegaram a produzir, em média, 11 e 35 cachos, quando irrigadas com 25% e 100% da evapotranspiração, respectivamente. Não houve interação significativa dos fatores para o número de cachos por planta.

Para Avelar et al. (2005), quanto maior o período de tempo disponível para a planta, com condições ambientais favoráveis, maior será o número de frutos formados e, portanto, maior a produtividade. Nesta pesquisa (240 dias), foi observado que as plantas frutificavam de forma contínua, principalmente aquelas sob situação de disponibilidade de água no solo.

Silva et al. (2011) concluíram que o estresse hídrico afeta todas as variáveis de produção das plantas de pinhão-manso. Entre os tratamentos com 25% e 125% de reposição da ETc, registraram aumento de 648,80% no número de cachos durante o primeiro ano de cultivo.

Pelos dados da Tabela 36, verificam-se efeitos significativos sobre o número de cachos. Pelos contrastes, nota-se que o uso de água residuária, até 75% ETc, não resultou em plantas com maior número de cachos, comparadas às plantas 'controle'. Deduz-se, porém, que as plantas quando irrigadas com água residuária sob 100% ETc produzem número de cachos equivalentes estatisticamente (como 100% ETc 'baixa' - 15,25 cachos/planta) ou significativamente superiores (como 21,25 cachos/planta com 100% ETc 'alta', 28,00 e 30,50 cachos/planta com 125% ETc 'baixa' e 'alta', respectivamente) em relação ao tratamento testemunha (12,125 cachos/planta).

5.1.2.5 - Peso médio das cascas, sementes e frutos

Pelo resumo dos componentes de produção do pinhão-manso, apresentados na Tabela 35, observa-se que os tratamentos 'Nr' da ETc afetaram, significativamente, ao nível de 0,01 de probabilidade, o peso médio das cascas, das sementes e dos frutos.

Na Figura 24B, observa-se a ilustração dos dados dos componentes de produção que se ajustaram melhor ao modelo exponencial, com elevada variação na produção das plantas, entre os tratamentos Nr₁ e Nr₅. Com base nas equações matemáticas, os incrementos entre os tratamentos Nr₁ e Nr₅, foram de 10.895% para o peso médio das cascas, das sementes e dos

frutos. A igualdade nas reduções das três variáveis se explica pela equivalência dos coeficientes (0,047) dos modelos matemáticos. Cada planta chegou a produzir, em média, 401,1950g de bagas, conforme Tabela 36.

Segundo Peixoto (1973), o pinhão-manso produz, uma média de 2,75 sementes/fruto e do peso total dos frutos, 66,77% são sementes e 33,23% correspondem às cascas. Pelas médias observadas, as cascas e bagas (sementes) representaram, respectivamente, cerca de 31% e 69% do peso total dos frutos.

Coletti, Dallacort & Martins (2008) obtiveram em plantas de pinhão-manso, produtividade média de 83,02 gramas de sementes/planta, em condições irrigadas, enquanto nas plantas não irrigadas a produtividade média foi de 63,72 gramas de sementes/planta. Na pesquisa corrente obtiveram-se maiores rendimentos por planta, sendo 117,85 g/planta e 161,91 g/planta para os dois sistemas de poda, 'baixa' e 'alta', respectivamente. É conveniente relatar que a produção de sementes variou entre 4,74 g/planta (25% ETc) e 401,20 g/planta (125% ETc), o que explica o potencial produtivo da água residuária.

Silva et al. (2009) concluíram, sob as mesmas condições e mesmos tratamentos, que o estresse hídrico afetou a produção de sementes e frutos do primeiro ano de pinhão-manso. Entre os tratamentos com 25% e 125% de reposição da ETc, os autores registraram aumento de 49,88% no peso das sementes e 50,62% no peso dos frutos.

Rodrigues et al. (2009a) relataram que a produção de sementes ou bagas de mamoneira, variável mais importante sob o ponto de vista econômico, também foi influenciada pelos níveis de reposição hídrica, ocorrendo incrementos lineares significativos com o aumento dos níveis de reposição da ETc.

Segundo Drumond (2007), na região de Petrolina – PE, nos nove primeiros meses de implantação da cultura, com espaçamento de 2 x 2 m, a produtividade média de sementes por hectare das plantas que foram irrigadas (871 kg ha⁻¹) foi 3,5 vezes maior do que aquela obtida apenas com o regime normal de chuva (246 kg ha⁻¹).

Para o peso médio das cascas e peso médio das sementes, as médias obtidas em 'poda baixa' e 'poda alta' não diferiram, significativamente, entre si; também, não foi verificada interação significativa entre este fator com os níveis de reposição, denotando que os efeitos de um fator foram independentes do outro.

Percebe-se pelos contrastes (tratamentos *versus* controle) apresentados na Tabela 36, tanto para o peso médio das cascas como para o peso médio das sementes, que as plantas irrigadas com água residuária, com níveis de reposição até 75% ETc tiveram desempenho inferior, pois as médias diferiram significativamente das obtidas nas plantas 'controle', que

produziram, 86,36g de cascas/planta e 179,94 g de sementes/planta (médias), respectivamente. Pelos contrastes envolvendo os tratamentos com 100% e 125% da evapotranspiração, notam-se tendências de superioridade das plantas irrigadas com 100% ETc, em relação ao 'controle', notadamente nas inicialmente podadas a 80 cm de altura, aqui denominadas 'poda alta', e diferenças significativas marcantes das plantas irrigadas com 125% ETc.

Nos contrastes dos tratamentos *versus* a testemunha, realizados para a variável peso médio dos frutos, só não foi observado efeito significativo do tratamento 100% ETc 'baixa'. Para os níveis de reposição inferiores a 100% ETc, a exemplo das variáveis anteriores, as plantas foram menos produtivas, com médias significativamente inferiores. Nas demais situações, ou seja, 100% ETc 'alta', 125% ETc tanto 'alta' como 'baixa', o uso de água residuária resultou em planta mais produtivas, comparadas ao 'controle'.

5.1.2.6 - Número de frutos por planta, peso médio da semente e peso médio do fruto

Pelos dados apresentados na Tabela 35, notam-se efeitos altamente significativos ($P < 0,01$) dos níveis de reposição sobre o número de frutos por planta, peso médio da semente e peso médio do fruto.

Os modelos exponenciais ajustaram melhor os efeitos dos tratamentos sobre o número de frutos por planta, variável para a qual houve interação significativa. Na Figura 24C está evidenciada a dependência dos fatores, observando-se, pelo desdobramento da interação (Tabela 37) que a poda 'alta' promoveu maior número de frutos por planta que a poda 'baixa', no nível 5 (Nr_5), ou seja, com 125% ETc. Nos demais níveis de reposição, houve certa tendência para a 'poda alta' superar, estatisticamente, a 'poda baixa', confirmada na Tabela 35, pela diferença significativa entre as médias 'poda baixa' (77,70 frutos/planta) e 'poda alta' (106,80 frutos/planta) como foi observado para o número de cachos, variável discutida anteriormente.

Verificaram-se acréscimos progressivos sobre o número de frutos, com base nas equações (projetadas na Figura 24C e Tabela 36), entre Nr_1 (25% ETc) e os demais tratamentos de reposição, da ordem de 172%, 639%, 1909% e 5360% para as plantas com 'poda alta'. Os correspondentes acréscimos para 'poda baixa' foram 193%, 758%, 2415% e 7270%.

Silva et al. (2009) verificaram entre os tratamentos com 25% e 125% de reposição hídrica, aumento de 55,21% sob o número de frutos.

Ao se analisar a Tabela 35, deduz-se que o número de frutos por planta teve comportamento idêntico ao peso médio dos frutos, de modo que o pinhão-manso irrigado com água residuária só superou as plantas irrigadas com água não residuária (testemunha), quando

submetidas ao mesmo nível de reposição de evapotranspiração (como 100% ETc) ao que as plantas testemunhas foram submetidas ou níveis superiores.

Para as variáveis peso médio da semente e peso médio do fruto verificaram-se efeitos lineares mais significativos (Tabela 35). Fazendo uso das equações contidas na Figura 24D, deduziram-se os seguintes acréscimos entre Nr₁ (25% ETc) e os demais níveis: 26,97%, 53,94%, 80,91%, 107,88% para o peso unitário de sementes, enquanto para o peso unitário de frutos os respectivos acréscimos foram 27,10%, 54,20%, 81,30%, 108,40%. Ou ainda, o peso da semente e do fruto aumentaram 8,5 e 12,3 mg para cada 1% de reposição da evapotranspiração.

No que diz respeito ao fator 'poda', segundo o teste 'F', não houve efeito significativo para o peso médio da semente, uma vez que a diferença entre as médias foi apenas 0,10g. Já para o peso médio do fruto a diferença de 0,20g foi significativa, sendo que as plantas 'poda alta' produziram frutos mais pesados, 1,80g em relação às plantas 'poda baixa' (1,60g). Segundo Peixoto (1973), o pinhão-manso produz sementes com peso médio de 0,72 g, respectivamente, nesse caso, bem inferior a obtido nesta pesquisa, 1,15g e 1,25g para as plantas submetidas às podas 'baixa' e 'alta', respectivamente. Essa diferença pode ser atribuída à carga genética dos materiais e, em parte, aos nutrientes aportados na água residuária.

Conforme dados apresentados na Tabela 35, não se verificou interação significativa dos fatores estudados (Nr x P), para o peso médio da semente, bem como, para o peso médio do fruto. Na Figura 24, está claramente explicitado, que as plantas cultivadas em condições de elevada umidade do solo, foram superiores àquelas sob limitação hídrica.

Nota-se, pelos contrastes apresentados na Tabela 36, que a água residuária teve influência no peso médio da semente, bem como, no peso médio do fruto, tendo em vista que plantas irrigadas com níveis de reposição de 125% ETc têm sementes e frutos com pesos semelhantes ao 'controle'; entretanto, plantas irrigadas com maior restrição hídrica (25% e 50% ETc) têm médias, significativamente, inferiores às do 'controle'. Por outro lado, percebe-se que níveis elevados de reposição de evapotranspiração também não repercutem no peso médio da semente e do fruto.

Tabela 35 - Resumo das análises de equação exponencial e regressão dos componentes de produção do pinhão-mansó (nº de cachos, peso médio das cascas, sementes e frutos, nº de frutos, peso médio da semente e peso médio do fruto). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios						
		Nº de Cachos	Peso Médio das Cascas	Peso Médio das Sementes	Peso Médio dos Frutos	Nº de Frutos	Peso Médio da Semente	Peso Médio do Fruto
Nível de Reposição (Nr)	4	1226,06**	47307,12**	236674,69**	495563,93**	8590,51**	1,2250**	3,2875**
Exponencial	1	3355,77**	133701,82**	682071,57**	1419740,95**	217433,46**	--	--
Reg. Linear	1	--	--	--	--	--	3,9125**	13,1000**
Reg. Quadrática	1	--	--	--	--	--	0,7232**	0,0357 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	--	--	--	--	--	0,1500 ^{ns}	0,0125 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	--	--	--	--	--	0,11430 ^{ns}	0,0018 ^{ns}
Blocos	3	10,00 ^{ns}	24,11 ^{ns}	252,74 ^{ns}	423,54 ^{ns}	58,47 ^{ns}	0,0667 ^{ns}	0,1333*
Poda (P)	1	40,00**	331,05 ^{ns}	2137,74 ^{ns}	4141,67 ^{ns}	2506,97*	0,1000 ^{ns}	0,4000**
Inter. (Nr x P)	4	11,68 ^{ns}	81,99 ^{ns}	497,98 ^{ns}	979,44 ^{ns}	1568,59*	0,1000 ^{ns}	0,0875 ^{ns}
Resíduo	27	4,6978	195,6380	1302,40	2497,33	542,57	0,0509	0,0437
CV(%)		19,39	22,40	25,80	24,70	25,25	18,33	11,99
Poda (P)		Médias						
		---	...g...	...g...	...g...	--	g	g
Baixa		9,90000 b	52,9055 a	117,8510 a	170,7565 a	77,7000 b	1,1500 a	1,6000 b
Alta		11,90000 a	71,9790 a	161,9070 a	233,8860 a	106,8000 a	1,2500 a	1,8000 a
DMS		1,408875	30,139318	70,684301	100,7642	28,441718	0,146632	0,13586

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

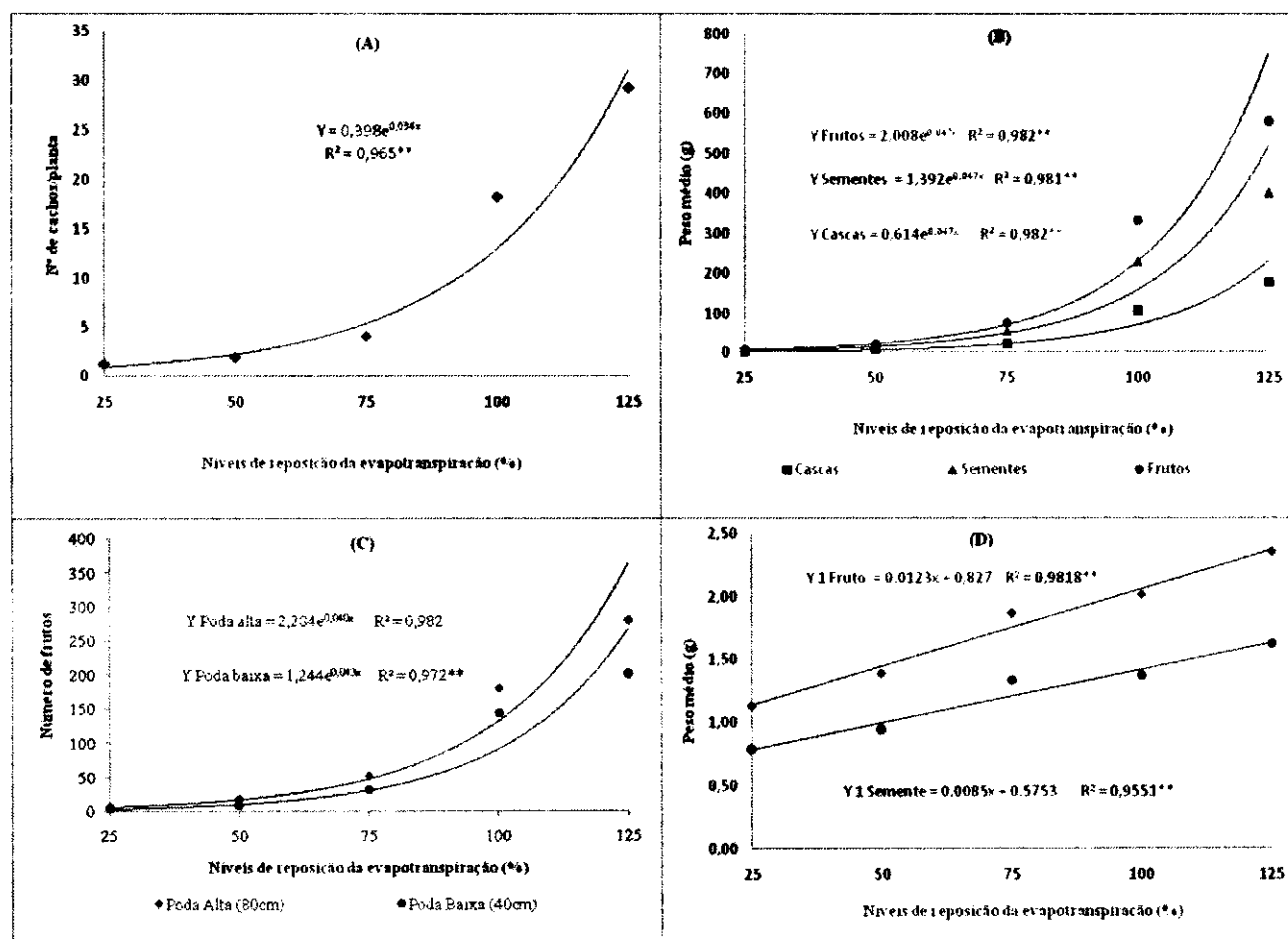


Figura 24 – Número de cachos (A), peso médio de sementes, cascas e frutos (B), interação do número de frutos (C) e peso médio unitário da semente e do fruto (D) do pinhão-mansó. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 36 - Resumo das análises de variância e médias dos componentes de produção do pinhão-mansó (nº de cachos, peso médio das cascas, sementes e frutos, nº de frutos, peso médio da semente e peso médio do fruto). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios						
		Nº de Cachos	Peso Médio das Cascas	Peso Médio das Sementes	Peso Médio dos Frutos	Nº de Frutos	Peso Médio da Semente	Peso Médio do Fruto
Tratamentos	10	502,11**	19885,79**	99166,92**	207805,82**	36259,55**	8,82**	1,423**
Blocos	3	11,61 ^{ns}	279,19 ^{ns}	2142,38 ^{ns}	3887,54 ^{ns}	274,99 ^{ns}	0,32*	0,121*
Resíduo	29¹	4,25	1964,26	10813,13	21969,28	3124,20	0,02	0,037
1-N ₂₅ Bx vs Ct.	1	247,53**	14478,91**	62688,09**	137421,658**	22898,00**	4,00**	2,000**
2-N ₂₅ Alt vs Ct.	1	247,53**	14206,24**	61257,00**	134462,628*	22050,00**	3,11**	3,125**
3-N ₅₀ Bx vs Ct.	1	225,78**	13563,86**	57922,46*	127545,338*	20808,00**	3,50**	0,500**
4-N ₅₀ Alt vs Ct.	1	195,03**	12493,06*	55288,10*	100344,18*	17672,00*	3,00*	2,000**
5-N ₇₅ Bx vs Ct.	1	140,28**	9663,28*	39385,01*	88065,65*	12403,11*	2,01 ^{ns}	0,000 ^{ns}
6-N ₇₅ Alt vs Ct.	1	116,28**	6917,82 ^{ns}	25158,61*	58461,48*	6903,12*	1,88 ^{ns}	0,125 ^{ns}
7-N ₁₀₀ Bx vs Ct.	1	19,53 ^{ns}	26,49 ^{ns}	245,97 ^{ns}	433,94 ^{ns}	2211,14 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,000 ^{ns}
8-N ₁₀₀ Alt vs Ct.	1	166,53**	2139,56 ^{ns}	15052,86 ^{ns}	48542,58*	9522,00*	0,008 ^{ns}	0,000 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx vs Ct.	1	504,03**	8721,24*	55115,32*	107685,12*	15931,13*	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}
10-N ₁₂₅ Alt vs Ct.	1	675,28**	27619,55**	152904,50**	310495,64**	57122,00**	0,005 ^{ns}	0,002 ^{ns}
CV(%)		18,30	23,14	27,10	22,23	26,51	18,91	10,94
Tratamentos		Médias						
		--	.....g.....			--	.....g.....	
1-N ₂₅ Bx		1,0000	1,2750	2,9000	4,1750	3,7500	0,7729	1,1121
2-N ₂₅ Alt		1,3333	2,7733	6,5767	9,3500	5,7500	0,7935	1,1452
3-N ₅₀ Bx		1,5000	4,0075	9,7625	13,7700	8,7500	1,0665	1,5116
4-N ₅₀ Alt		2,2500	7,3250	13,6775	21,0025	16,7500	0,8126	1,2677
5-N ₇₅ Bx		3,7500	16,8500	39,6125	56,4625	32,0000	1,3359	1,8914
6-N ₇₅ Alt		4,5000	27,5475	67,7850	95,3325	52,0000	1,3325	1,8365
7-N ₁₀₀ Bx		15,2500	90,000	191,0325	281,0325	144,0000	1,3349	1,9640
8-N ₁₀₀ Alt		21,2500	119,0675	266,6975	385,7650	179,7500	1,4145	2,0593
9-N ₁₂₅ Bx		28,0000	152,3950	345,9475	498,3425	200,0000	1,6353	2,3660
10-N ₁₂₅ Alt		30,5000	203,8750	456,4425	660,3175	279,7500	1,6165	2,3429
Controle		12,1250	86,3600	179,9425	266,3025	110,7500	1,6303	2,4016

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ os 29 graus de liberdade e não 30 se devem a 1 parcela perdida

Tabela 37 – Resumo do desdobramento das análises de equação exponencial da interação significativa do número de frutos do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	Quadrados Médios
	Nº Frutos
Nr em poda alta	
Exponencial	56217,7844**
Resíduo	3608,5502
Nr em poda alta	
	Média (--)
N ₁ (25%ETc)	5,7500
N ₂ (50%ETc)	16,7500
N ₃ (75%ETc)	52,0000
N ₄ (100%ETc)	179,7500
N ₅ (125%ETc)	279,7500
Nr em poda alta	
Exponencial	31664,1750**
Resíduo	3608,5502
Nr em poda baixa	
	Média (--)
N ₁ (25%ETc)	3,7500
N ₂ (50%ETc)	8,7500
N ₃ (75%ETc)	32,0000
N ₄ (100%ETc)	144,0000
N ₅ (125%ETc)	200,0000
Poda em 25% ETc	
Poda alta (80cm)	5,7500 a
Poda baixa (40cm)	3,7500 a
Poda em 50% ETc	
Poda alta (80cm)	16,7500 a
Poda baixa (40cm)	8,7500 a
Poda em 75% ETc	
Poda alta (80cm)	52,0000 a
Poda baixa (40cm)	32,0000 a
Poda em 100% ETc	
Poda alta (80cm)	179,7500 a
Poda baixa (40cm)	144,0000 a
Poda em 125% ETc	
Poda alta (80cm)	279,7500 a
Poda baixa (40cm)	200,0000 b
DMS	74,9555

(**) Efeito significativo a 1 % e (*) a 5 % de probabilidade; (NS) não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente entre si (P<5%) pelo teste de Tukey.

5.1.3 – Evapotranspiração diária da cultura (ETc)

Observa-se na Tabela 38, o resumo das análises de regressão para a variável evapotranspiração da cultura, determinada a partir do balanço hídrico. Pelo Teste 'F' verificaram-se efeitos dos tratamentos altamente significativos ($P < 0,01$), em todas as avaliações realizadas. As respostas das plantas aos níveis de reposição da evapotranspiração, representadas pelas médias, foram mais bem expressadas por modelos matemáticos lineares, conforme Figuras 25 e 26, nas quais se notam elevados coeficientes de determinação (R^2), indicativo do alto grau de associação das variáveis dependente e independente.

Em quatro períodos (30, 60, 150 e 180 DAPd) não houve interação significativa, em outros quatro períodos (90, 120, 210 e 240 DAPd), a interação foi significativa, indicando dependência dos fatores, explicada por comportamentos diferentes das plantas 'baixa' e 'alta' dentro de alguns níveis de reposição de água no solo.

Pelas equações exibidas na Figura 25, verificaram-se acréscimos entre Nr1 (25% ETc) e Nr5 (125% ETc) de 221,88%, 409,16%, 387,00% e 382,92% aos 30, 60, 150 e 180 dias após a poda-DAPd, respectivamente. Pelos coeficientes angulares, deduz-se para cada aumento unitário no nível de reposição, incrementos de 2,80, 13,20, 38,00 e 33,80 mL/planta/dia, aos 30, 60, 150 e 180 DAPd, respectivamente. Silva (2009), durante o primeiro ciclo, verificou aumento unitário de 0,022, 0,049, 0,090 e 0,122 mm/dia/planta na ETc, para cada centésimo de incremento da evapotranspiração aplicado aos 60, 102, 144 e 186 dias após o transplantio-DAT.

As situações em que houve interações significativas (90, 120, 210 e 240 DAPd) estão ilustradas na Figura 26 e Tabela 39. Aos 90 DAPd, foram verificados, entre Nr1 (25% ETc) e Nr5 (125% ETc), incrementos de 458,89% e 537,32% para os sistemas de produção 'poda baixa' e 'poda alta', respectivamente. Nos demais períodos, os correspondentes resultados para 'poda baixa' e 'poda alta', foram 461,20% e 401,00% (aos 120 DAPd), 423,48% e 363,56% (aos 210 DAPd) e 355,72% e 333,56% (aos 240 DAPd).

Na Figura 26A, observa-se que, aos 90 DAPd, as plantas do tipo 'poda alta' e 'poda baixa' aumentaram a evapotranspiração em 32,40 e 28,80 mL/dia/planta, por incremento unitário no nível de reposição da evapotranspiração. Nas demais avaliações, foram observados aumentos por incremento unitário de 38,60 e 40,00 mL/dia/planta (aos 120 DAPd), 31,80 e 35,00 mL/dia/planta (aos 210 DAPd) e 30,60 e 33,50 mL/dia/planta (aos 240 DAPd) para as plantas inicialmente submetidas a 'poda alta' e 'poda baixa', respectivamente.

Pelo desdobramento das interações apresentado na Tabela 39, percebe-se que aos 90 dias a 'poda alta' resultou em maior consumo de água dentro dos níveis de 75% e 125% de reposição de ETc. Aos 120 DAPd, a 'poda alta' também resultou em taxa de evapotranspiração,

significativamente, maior que a 'poda baixa', no nível de 75% ETc. Já aos 210 e 240 dias após a poda, as plantas do tipo 'poda baixa' foram significativamente superiores dentro dos dois níveis maiores de reposição. Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 26.

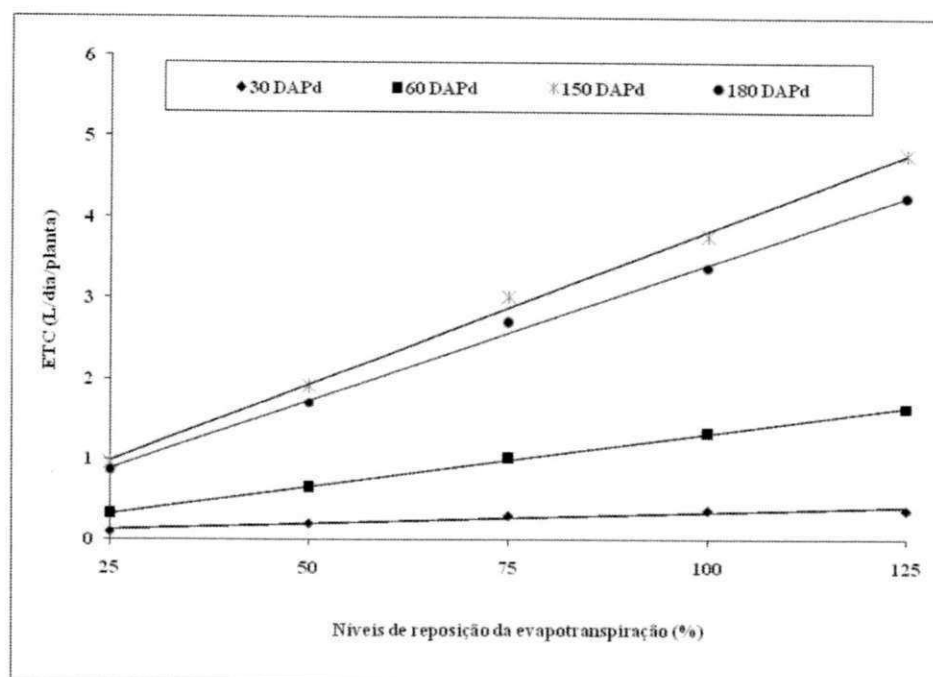
Com relação ao fator 'poda' nota-se diferença significativa entre as médias (Tabela 38). As plantas de poda 'alta' tiveram médias significativamente superiores aos 60 e 90 dias ao passo que, na segunda metade da pesquisa, as plantas de poda 'baixa' tiveram médias significativamente superiores, mesmo não tendo ocorrido diferença significativa na variável área foliar (Tabela 20).

Tabela 38 - Resumo das análises de regressão da evapotranspiração diária (ETc) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		ETc 30 DAPd	ETc 60 DAPd	ETc 90 DAPd	ETc 120 DAPd	ETc 150 DAPd	ETc 180 DAPd	ETc 210 DAPd	ETc 240 DAPd
Nív. Repos. (Nr)	4	0,1072**	2,1831**	11,7571**	19,3353**	18,1349**	14,3509**	13,9479**	12,9251**
Regr. Lin.	1	0,3971**	8,7245**	46,9206**	77,2677**	72,3539**	57,2589**	55,6712**	51,3328**
Regr. Quad.	1	0,2906**	0,0030 ^{ns}	0,0856*	0,0708*	0,1437*	0,0464 ^{ns}	0,0716 ^{ns}	0,2835*
Regr. Cúb.	1	0,0027 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0087 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0278 ^{ns}	0,0164 ^{ns}
Regr. 4º Gr.	1	0,00004 ^{ns}	0,0038 ^{ns}	0,0195 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0332 ^{ns}	0,0969 ^{ns}	0,0209 ^{ns}	0,0677 ^{ns}
Blocos	3	0,00012 ^{ns}	0,0047 ^{ns}	0,0426 ^{ns}	0,0340 ^{ns}	0,0901*	0,0963*	0,0618*	0,0546 ^{ns}
Poda (P)	1	0,00285 ^{ns}	0,0490*	0,24180**	0,0087 ^{ns}	0,1931*	0,1165*	0,1261*	0,2727**
Int.(Nr x P)	4	0,00098 ^{ns}	0,0194 ^{ns}	0,07582**	0,0643**	0,0638 ^{ns}	0,0542 ^{ns}	0,0832**	0,0532*
Resíduo	27¹	0,00074	0,0079	0,01522	0,0144	0,0262	0,0251	0,01822	0,01677
CV(%)		10,20	9,08	5,74	4,18	5,61	6,15	5,36	5,12
Poda (P)		Médias (L/dia/planta)							
Baixa		0,25910 a	0,94835 b	2,07010 b	2,86585 a	2,95440 a	2,62980 a	2,57435 a	2,61395 a
Alta		0,27600 a	1,01835 a	2,22560 a	2,89545 a	2,81545 b	2,52185 b	2,46205 b	2,44880 b
DMS		0,01771	0,05793	0,08005	0,07805	0,10507	0,10284	0,08759	0,08405

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 26 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)



$$Y_{30\text{DAPd}} = 0,0028x + 0,0562$$

$$R^2 = 0,93^{**}$$

$$Y_{150\text{DAPd}} = 0,0380x + 0,0319$$

$$R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y_{60\text{DAPd}} = 0,0132x - 0,0074$$

$$R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y_{180\text{DAPd}} = 0,0338x + 0,0376$$

$$R^2 = 0,99^{**}$$

Figura 25 - Evapotranspiração diária da cultura - ETC do pinhão-mansó aos 30, 60, 150 e 180 dias após a poda-DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

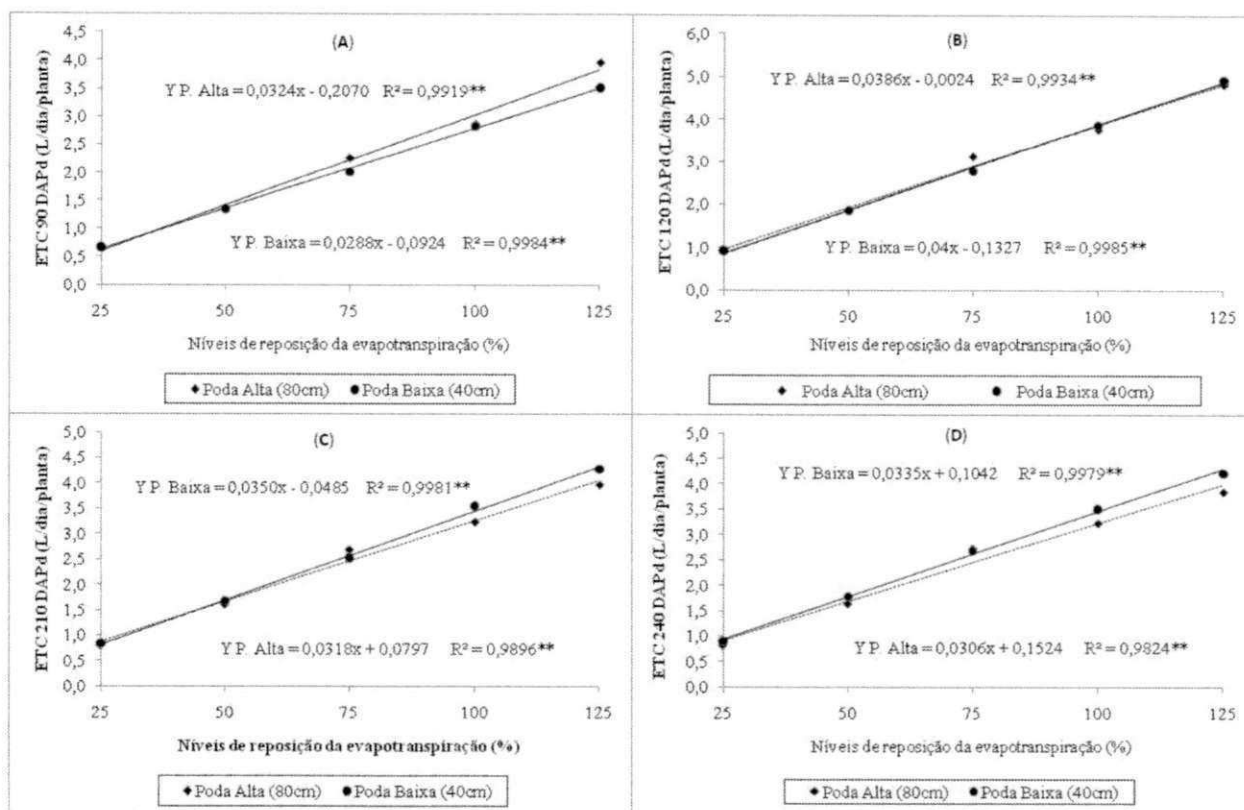


Figura 26 - Interação da evapotranspiração diária da cultura - ETC do pinhão-mansó aos 90 (A), 120 (B), 210 (C) e 240 (D) dias após a poda-DAPd, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Mediante análise da evolução da evapotranspiração, ao longo do tempo, e por nível de reposição da ETc (Figura 27), verificam-se maiores taxas de evapotranspiração na medida em que se aumentou o índice de reposição e, que, no geral, o máximo consumo de água, ocorreu por volta de 120 a 130 DAPd, variando entre 0,80 e 5,00 L/dia/planta (considerando a área do lisímetro - 0,26421m² – obtem-se equivalência de 3,028 a 18,924 mm/dia), conforme os níveis crescentes de reposição da ETc. Silva (2009), no primeiro ciclo, registrou valores máximos entre 2,50 e 27,00 mm/dia sob 25% e 125% ETc. Rodrigues (2008) em estudo de estresse hídrico com a mamoneira, em ambiente protegido, registrou taxas de evapotranspiração que oscilaram entre 5,00 e 17,00 mm dia⁻¹.

Nota-se que houve estabilidade no consumo de água, a partir de 180 dias após a poda e, comportamento semelhante dessa variável com a área foliar (Figura 16). Nesse período, as plantas se encontravam em frutificação, quando a demanda por água é diminuída.

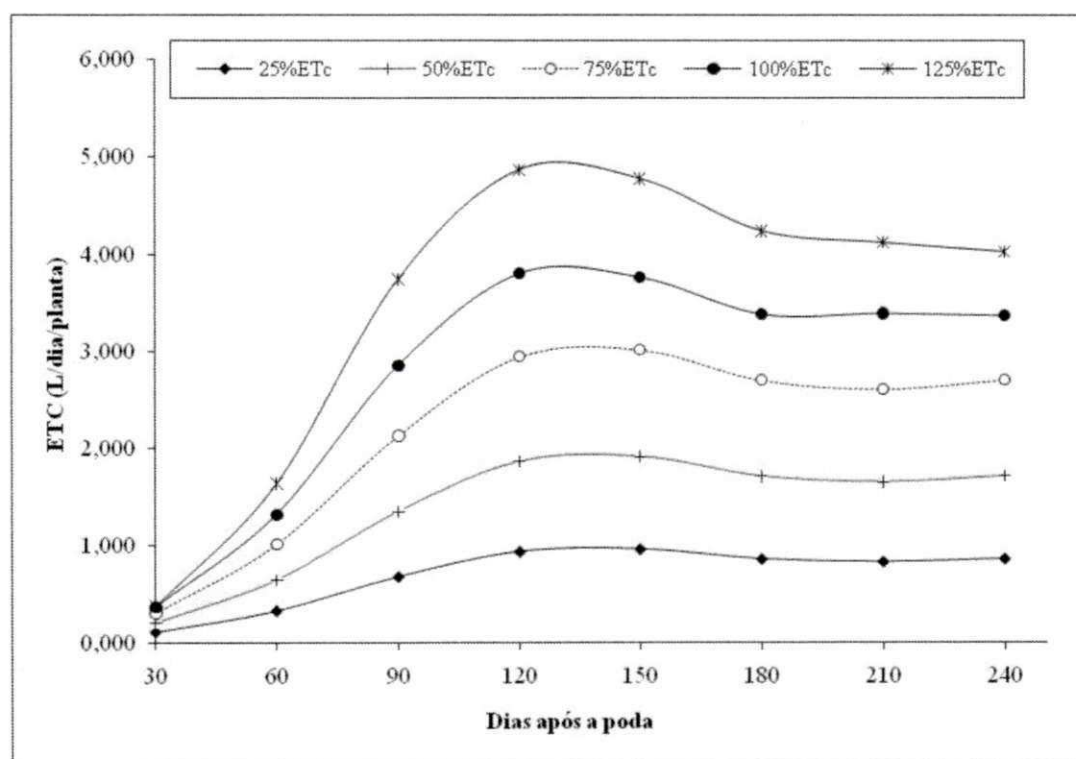


Figura 27 - Evolução da evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansão, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

UFPG - BIBLIOTECA

Tabela 39 – Resumo do desdobramento das análises de regressão com interações significativas da evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansão aos 90, 120, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	Quadrados Médios			
	ETc 90 DAPd	ETc 120 DAPd	ETc 210 DAPd	ETc 240 DAPd
Nr em poda alta				
Reg. Linear	26,299109**	37,328172**	25,225381**	23,438079**
Reg. Quadrática	0,090724*	0,214177**	0,131048*	0,274260**
Reg. Cúbica	0,027144 ^{ns}	0,030411 ^{ns}	0,002723 ^{ns}	0,010336 ^{ns}
Reg. 4º Grau	0,097390*	0,005244 ^{ns}	0,131849*	0,136004**
Resíduo	0,015223	0,014470	0,018224	0,016779
Nr em poda alta				
Médias (L/dia/planta)				
N _{r1} (25% ETc)	0,6770	0,9333	0,8070	0,8160
N _{r2} (50% ETc)	1,3520	1,8650	1,6130	1,6330
N _{r3} (75% ETc)	2,2570	3,1080	2,6890	2,7210
N _{r4} (100% ETc)	2,8695	3,7512	3,2342	3,2282
N _{r5} (125% ETc)	3,9725	4,8200	3,9670	3,8457
Nr em poda baixa				
Reg. Linear	20,783547**	39,962009**	30,574271**	27,995982**
Reg. Quadrática	0,012690 ^{ns}	0,050100 ^{ns}	0,000270 ^{ns}	0,052583 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,008151 ^{ns}	0,000504 ^{ns}	0,033756 ^{ns}	0,006325 ^{ns}
Reg. 4º Grau	0,013070 ^{ns}	0,007488 ^{ns}	0,025043 ^{ns}	0,000000 ^{ns}
Resíduo	0,015223	0,014470	0,018224	0,016779
Nr em poda baixa				
Médias (L/dia/planta)				
N ₁ (25%ETc)	0,6660	0,9250	0,8410	0,8920
N ₂ (50%ETc)	1,3330	1,8500	1,6820	1,7830
N ₃ (75%ETc)	1,9990	2,7750	2,5220	2,6750
N ₄ (100%ETc)	2,8317	3,8632	3,5467	3,5065
N ₅ (125%ETc)	3,5207	4,9160	4,2800	4,2132
Poda em 25%ETc				
Poda alta (80cm)	0,6770 a	0,9333 a	0,8070 a	0,8160 a
Poda baixa (40cm)	0,6660 a	0,9250 a	0,8410 a	0,8920 a
Poda em 50%ETc				
Poda alta (80cm)	1,3520 a	1,8650 a	1,6130 a	1,6330 a
Poda baixa (40cm)	1,3330 a	1,8500 a	1,6820 a	1,7830 a
Poda em 75%ETc				
Poda alta (80cm)	2,2570 a	3,1080 a	2,6890 a	2,7210 a
Poda baixa (40cm)	1,9990 b	2,7750 b	2,5220 a	2,6750 a
Poda em 100%ETc				
Poda alta (80cm)	2,8695 a	3,7512 a	3,2342 b	3,2282 b
Poda baixa (40cm)	2,8317 a	3,8632 a	3,5467 a	3,5065 a
Poda em 125%ETc				
Poda alta (80cm)	3,9725 a	4,8200 a	3,9670 b	3,8457 b
Poda baixa (40cm)	3,5207 b	4,9160 a	4,2800 a	4,2132 a
DMS	0,1790	0,1745	0,1958	0,1879

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

Pelo resumo dos contrastes, entre os cinco níveis de reposição da ETc e o tratamento testemunha (Tabela 40), observa-se ocorrência de efeito significativo dos tratamentos, em todas os períodos estudados, ao nível de 1% de probabilidade. Nos contrastes entre 25% da ETc e 50% da ETc *versus* o tratamento controle, verificam-se que as plantas irrigadas sob estresse hídrico mais severo tiveram menores taxas de evapotranspiração, exceto no nível de 50% ETc, aos 60 DAPd, para os dois tipos de podas, bem como aos 150 DAPd para poda ‘baixa’.

Também, constata-se que no primeiro mês, o pinhão-manso irrigado com água residuária teve menor evapotranspiração, em relação ao controle (plantas irrigadas com água potável e sem restrição hídrica), mesmo quando se aplicavam níveis altos de reposição, como em 100% e 125% da evapotranspiração. Nos períodos seguintes, 60, 90, 120 e 150 DAPd, o pinhão-manso, irrigado com níveis iguais ou superiores a 75%, tiveram maior taxa evapotranspiométrica em relação ao controle.

A partir de 180 dias, níveis de reposição iguais ou inferiores a 75% ETc promoveram taxas de evapotranspiração, significativamente, inferiores às observadas para as plantas testemunhas; nesses períodos, foi maior a evapotranspiração quando as plantas de pinhão-manso foram irrigadas com água residuária nos níveis 100% e 125% ETc.

Ainda pela Tabela 40, percebe-se que nos tratamentos em que as plantas não foram submetidas a condições de estresse hídrico (Nr = 100% e 125% da ETc), obtiveram-se as maiores taxas de evapotranspiração da cultura, notadamente aos 120 e 150 DAPd (constatado na Figura 27), em função do maior número de folhas das plantas e, conseqüentemente, da maior área foliar, que foi superior aos demais tratamentos.

Tabela 40 - Resumo das análises de variância e médias da evapotranspiração diária (ETc) do pinhão-mansão ao 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda - DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		ETc 30 DAPd	ETc 60 DAPd	ETc 90 DAPd	ETc 120 DAPd	ETc 150 DAPd	ETc 180 DAPd	ETc 210 DAPd	ETc 240 DAPd
Tratamentos	10	0,05207**	0,91972**	4,82573**	7,8299**	7,4694**	5,8898**	5,7444**	5,3147**
Blocos	3	0,00029^{ns}	0,00477^{ns}	0,02833^{ns}	0,0295^{ns}	0,0653^{ns}	0,0664^{ns}	0,0243^{ns}	0,0276^{ns}
Resíduo	30¹	0,00071	0,00743	0,01639	0,0148	0,0284	0,0282	0,0277	0,0276
1-N ₂₅ Bx VS Ct.	1	0,20672**	0,25992**	2,19765**	4,6162**	2,9476**	10,2423**	10,1272**	9,2751**
2-N ₂₅ Alt VS Ct.	1	0,20288**	0,25848**	2,15177**	6,5677**	3,2666**	10,7091**	10,4356**	9,9413**
3-N ₅₀ Bx VS Ct.	1	0,09901**	0,00296 ^{ns}	0,29070**	0,7062**	0,1030 ^{ns}	3,8419**	3,9719**	3,1878**
4-N ₅₀ Alt VS Ct.	1	0,09461**	0,00266 ^{ns}	0,26245**	0,6711**	0,2548**	4,4164**	4,3704**	3,9903**
5-N ₇₅ Bx VS Ct.	1	0,03001**	0,15290**	0,16216**	0,2188**	1,1521**	0,516128**	0,6481**	0,2745**
6-N ₇₅ Alt VS Ct.	1	0,02668**	0,29722**	0,58915**	0,88113**	1,5207**	0,2933**	0,3236**	0,2106**
7-N ₁₀₀ Bx VS Ct.	1	0,00787**	0,79632**	2,49761**	4,0271**	5,8140**	0,2325**	0,4149**	0,4250**
8-N ₁₀₀ Alt VS Ct.	1	0,00485*	0,82497**	2,66920**	3,4164**	4,0969**	0,0399 ^{ns}	0,0409 ^{ns}	0,0668 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx VS Ct.	1	0,01209**	1,41372**	6,52688**	12,2191**	15,1140**	3,1752**	2,8262**	2,7273**
10-N ₁₂₅ Alt VS Ct.	1	0,00094 ^{ns}	2,27911**	10,19938**	11,2883**	11,6065**	1,7898**	1,5338**	1,2808**
CV(%)		9,48	9,02	6,07	4,29	5,98	6,40	6,49	6,45
Tratamentos		Médias (L/dia/Planta)							
1-N ₂₅ Bx		0,09920	0,31824	0,66626	0,92510	0,98643	0,87771	0,84081	0,89158
2-N ₂₅ Alt		0,10156	0,31918	0,67707	0,93254	0,92160	0,82739	0,80666	0,81635
3-N ₅₀ Bx		0,19841	0,63978	1,33256	1,85021	1,97286	1,75543	1,68162	1,78315
4-N ₅₀ Alt		0,20312	0,64173	1,35248	1,86508	1,84321	1,65479	1,61331	1,63270
5-N ₇₅ Bx		0,29761	0,95469	1,99883	2,77531	2,95929	2,63314	2,52243	2,67473
6-N ₇₅ Alt		0,30468	1,06398	2,25690	3,10843	3,07201	2,75798	2,68885	2,72116
7-N ₁₀₀ Bx		0,35794	1,30946	2,83172	3,86300	3,90499	3,48192	3,54681	3,50652
8-N ₁₀₀ Alt		0,37120	1,32076	2,86958	3,75129	3,63110	3,28224	3,23453	3,22828
9-N ₁₂₅ Bx		0,34246	1,51944	3,52067	4,91615	4,94886	4,40083	4,28023	4,21297
10-N ₁₂₅ Alt		0,39873	1,74600	3,97236	4,81958	4,60906	4,08711	3,96718	3,84591
Controle		0,42040	0,67841	1,71433	2,44447	2,19983	3,14104	3,09113	3,04542

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 29 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)

5.1.4 – Fertilidade do solo ao final do experimento

Ao final da pesquisa coletaram-se amostras de solo na profundidade de 0-20cm, para fins de análise da fertilidade do solo, com o objetivo de se avaliar os impactos causados pela aplicação de água residuária no solo. Ao longo da pesquisa foram realizadas várias adubações de cobertura, seguindo orientações de Dias et al. (2007). Pode ser observado, também na Tabela 10 (Material e Métodos), a média das concentrações dos nutrientes presentes na água residuária utilizada para as irrigações.

Na Tabela 41, está o resumo das análises de regressão das variáveis Carbono Orgânico, Matéria Orgânica, N, P, K, Ca, Mg e Na. Nota-se não ter sido significativo o efeito dos níveis de reposição sobre todas as variáveis, com exceção de Na. Entretanto, com o desdobramento dos graus de liberdade, verificaram-se efeitos quadráticos para as três primeiras variáveis (Carbono Orgânico, Matéria Orgânica e N-Org.) e K, ao nível de 5% de probabilidade.

Para Hespanhol (2002), a irrigação com efluentes de esgoto pode suprir, em parte, as quantidades de certos elementos, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, requeridos pelas culturas, chegando a aumentar a produtividade agrícola. Medeiros et al. (2008) relataram que a aplicação de água residuária na irrigação de cafeeiro foi efetiva na melhoria do estado nutricional da cultura, porém não foi suficiente para produções rentáveis.

A aplicação controlada de água residuária ao solo pode vir como alternativa para fertilização das culturas, potencializando a produção de alimentos; contudo, é conveniente o monitoramento constante dos atributos do solo, a fim de se identificar possíveis contaminações decorrentes da aplicação de água residuária.

5.1.4.1 - Carbono orgânico (C-Org), matéria orgânica (M.Org) e nitrogênio orgânico (N-Org)

Pelos resultados da análise de regressão (Tabela 41), nota-se que os níveis crescentes de reposição da evapotranspiração com efluente de esgoto não tratado ocasionaram efeitos significativos com a mesma intensidade sobre o C-org, a M-org e o N-org no solo. Ao se analisar a Figura 28A e 28B e mediante emprego dos modelos matemáticos, encontram-se pontos de mínima concentração com 66,10% ETc ($2,79 \text{ g kg}^{-1}$), 63,33% ETc ($4,97 \text{ g kg}^{-1}$) e 70,00% ETc ($0,23 \text{ g kg}^{-1}$) para C-org, M-org e N-org, respectivamente.

Segundo Silva (2009), durante o primeiro ciclo (396 DAT), os níveis crescentes de reposição da evapotranspiração, com efluente de esgoto não tratado, não ocasionaram efeitos significativos na quantidade de nitrogênio presente no solo.

Ao se considerar que o solo original continha 1,10, 1,90 e 0,10 g kg^{-1} , de C-Org, M. Org, e N-Org (Tabela 9), respectivamente, e que no final da pesquisa os respectivos valores médios foram 3,52, 6,06 e 0,30 g kg^{-1} , nota-se que o uso da água residuária fertilizou o solo, aumentando os teores originais, 200%, em média. Na etapa anterior da pesquisa, Silva (2009) verificou conteúdo médio (0,20 cm) de 0,22 g kg^{-1} , confirmando o aumento do teor de N-org. no solo, do primeiro para o segundo ciclo de produção (0,30 g kg^{-1}).

Um nível adequado de matéria orgânica é benéfico ao solo, pois melhora as condições físicas, aumenta a retenção de água, circulação do ar, diminui as perdas por erosão e fornece nutrientes às plantas.

Nascimento (2003), em pesquisa com mamoneira submetida ao uso de biossólido e água residuária, constatou que a irrigação com água residuária provocou aumento na matéria orgânica do solo em 36% em relação ao uso de água de abastecimento.

Rodrigues et al. (2009b) concluíram que a aplicação de água residuária, durante seis meses, melhorou a fertilidade do solo, com elevação do teor de N-org. de $0,26 \text{ g kg}^{-1}$ para $1,20 \text{ g kg}^{-1}$.

O nitrogênio contido nas águas de irrigação tem o mesmo efeito para as plantas que o aplicado via fertilizantes, portanto, a aplicação de quantidades excessivas com a irrigação pode aumentar o crescimento vegetativo, retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade (AYERS & WESTCOT, 1999).

Para essas variáveis não foram verificadas diferenças significativas entre os dois sistemas de poda (poda alta e poda baixa), bem como, não houve interação significativa entre este fator e os níveis de reposição.

Mediante as análises dos contrastes Tratamentos *versus* Controle (Tabela 42), verifica-se ter havido diferenças significativas nas concentrações para C-org, M-org e N-org. Devido à aplicação de água residuária doméstica, observa-se que as concentrações médias dessas variáveis foram maiores em relação ao 'controle', porém significância estatística foi verificada nas plantas irrigadas com 25% ETc (sistema 'alta'), com 75% ETc e 125% ETc. Silva (2009) também verificou resultados semelhantes, ao analisar a concentração de N-org, comparada ao tratamento testemunha (no primeiro ciclo de produção do pinhão-manso).

5.1.4.2 – Fósforo no solo

Não se observou efeito significativo dos níveis de reposição da evapotranspiração sobre o fósforo no solo (Tabela 41). Ao se observar a Tabela 9 (material e métodos), nota-se que a concentração inicial de fósforo no solo (após a adubação) encontrava-se elevada ($81,60 \text{ mg kg}^{-1}$); ao final da pesquisa, observou-se concentração ainda maior, em média, cerca de $182,00 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 41, Figura 28C); a concentração média na água de irrigação era menos de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabelas 10 e 11), provavelmente, provenientes do uso de sabões e detergentes sintéticos, restos de alimentos e outras formas de matéria orgânica em decomposição.

Vale salientar que, nos dois ciclos da pesquisa (1º e 2º ciclos) foi realizada adubação de plantio, baseando-se em metodologia descrita para experimentos conduzidos em ambientes protegidos: $100, 300$ e 150 mg kg^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente (NOVAIS, NEVES & BARROS, 1991), sendo aplicados apenas $\frac{1}{4}$ de N, todo o P e todo o K. Por ocasião da semeadura, dos $300 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ aplicados, apenas $81,60 \text{ mg kg}^{-1}$ estavam disponíveis conforme resultado de análise de solo relatada na Tabela 9 (Material e Métodos).

Lucena et al. (2006) observaram que o uso de efluente de esgoto tratado, quando comparado ao uso de água de abastecimento, melhorou as propriedades químicas do Neossolo

Quartzarênico, no que diz respeito ao aumento dos teores de P e matéria orgânica do solo. Nesta pesquisa (segundo ciclo) constatou-se aumento de 123,04% (saiu de 81,60 mg kg⁻¹ para 182,00 mg kg⁻¹), superior aos 108,84% verificado no primeiro ciclo. Igualmente, como se verificou para N-org, o fósforo também teve sua concentração aumentada de um ciclo para outro. Nascimento (2003) observou incremento de 321 % no teor de P nas parcelas irrigadas com água residuária que continha 5,51 mg L⁻¹ de P, ocorrendo um salto de 4,09 mg dm⁻³ para 23,88 mg dm⁻³.

Medeiros et al. (2005) constataram que a aplicação de água residuária contendo, em média, 12,64 mg L⁻¹ de P, embora muito mais rica que a do presente estudo, só foi capaz de suprir adequadamente as necessidades desse nutriente pelo cafeeiro com a aplicação da lâmina maior, 532 mm ano⁻¹.

De acordo com Rajj (1991), um suprimento adequado deste nutriente promove um bom desenvolvimento vegetal, estimula o desenvolvimento radicular, a boa formação de frutos e a precocidade da produção. Foi detectada ausência de diferença significativa entre as concentrações médias de P das plantas inicialmente submetidas à poda 'alta' e poda 'baixa', também, não houve interação significativa entre os fatores.

Conforme a análise de variância (Tabela 42), houve diferenças significativas em todos os contrastes (tratamentos com água resiuária *versus* o tratamento testemunha). Enquanto a concentração média de P no solo, no tratamento testemunha, tenha sido de 53,1750 mg kg⁻¹, nas parcelas cultivadas com uso de água residuária, as concentrações estão compreendidas entre 150 e 210 mg kg⁻¹ de solo. Essa diferença também deve ser atribuída a água de irrigação, tendo em vista que todas as parcelas, incluindo o controle, receberam as mesmas doses nas adubações de cobertura. No primeiro ciclo, Silva (2009) verificou tendências de resultados semelhantes na profundidade de 0-10 cm, uma vez que nem todas as diferenças foram significativas (médias entre 84,00 e 100,00 mg kg⁻¹), nos contrastes com a 'testemunha' (57,50 mg kg⁻¹).

5.1.4.3 – Potássio extraível do solo

Pelos resultados da análise de regressão (Tabela 41), nota-se que a aplicação dos níveis crescentes de reposição de evapotranspiração resultaram em efeito quadrático sobre o potássio, comportamento semelhante, ao verificado para C-Org, M.Org e N-Org (Figura 28 D).

Rodrigues et al. (2009b) verificaram efeito linear, decrescendo a concentração de K com o aumento da reposição hídrica com água residuária. O conteúdo de potássio no solo decresceu 23,51% entre o nível de reposição de 60% ETc e o nível de 120% ETc. Os autores notaram evolução na concentração de potássio, ocorrendo um salto de 2,00 mmolc kg⁻¹ para uma

média de $2,90 \text{ mmolc kg}^{-1}$, considerada como concentração média, segundo os manuais de interpretação de análise de solo (EMBRAPA, 1997).

Mediante emprego do modelo matemático (Figura 28 D), encontra-se ponto de mínima na concentração de K com a reposição de 62,73% ETc ($3,10 \text{ mg kg}^{-1}$). O aporte desse nutriente e de N, nos esgotos domésticos, é elevado. De acordo com as Tabelas 9 e 10 (Material e Métodos) a concentração média de K no solo e na água de irrigação eram $0,30 \text{ cmolc kg}^{-1}$ e $26,82 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Durante o experimento, houve uma pequena evolução na concentração de potássio, de modo que, ao final da pesquisa, o solo continha, em média, $4,48 \text{ mmolc kg}^{-1}$ ($\cong 0,45 \text{ cmolc kg}^{-1}$), considerada como concentração alta ($>0,30 \text{ cmolc kg}^{-1}$), segundo os manuais de interpretação de análise de solo (EMBRAPA, 1997). Salienta-se que no final do primeiro ciclo (396 DAT), Silva (2009) registrou valores médios de $1,90 \text{ mmolc kg}^{-1}$ (0-10cm) e $2,90 \text{ mmolc kg}^{-1}$ (10-20cm), ratificando o aumento da concentração do nutriente entre os dois ciclos.

Segundo Feigin, Ravina & Shalhevet (1991), a irrigação com efluente não satisfaz as necessidades das culturas em K, mas pode promover o aumento de seu teor no solo, como ocorreu no presente trabalho. Medeiros et al. (2005) constataram que, com aplicação da lâmina de, 532 mm ano^{-1} de água residuária, contendo, em média, $32,30 \text{ mg L}^{-1}$ de K (concentração maior que a da presente pesquisa), só foi capaz de suprir 58 % da demanda desse nutriente pelo cafeeiro, devido à grande exigência da cultura.

Ao contrário de outros nutrientes, o potássio não forma compostos nas plantas, mas permanece livre para regular processos essenciais como ativação enzimática, fotossíntese, uso eficiente da água, formação de amido e síntese de proteínas (MALAVOLTA, 1996).

Não foi observada diferença significativa entre as concentrações médias de K do fator 'Poda' assim como não houve interação significativa entre este fator e os níveis de reposição da evapotranspiração.

Com base nos contrastes contidos na Tabela 42, no solo irrigado com água residuária, encontraram-se maiores concentrações de K ($2,00$ a $7,30 \text{ mmolc Kg}^{-1}$) em relação ao 'controle' ($1,975 \text{ mmolc Kg}^{-1}$), com tendência de significância estatística na maioria dos níveis de reposição, porém, só foi detectada d.m.s. nos contrastes 25% ETc alta x controle, 125% ETc 'baixa' x controle e 125% ETc 'alta' x controle. Silva (2009) verificou, em relação à testemunha no primeiro ciclo, maiores concentrações sob 25% ETc e 50% ETc e menor nas parcelas irrigadas com 125% ETc.

5.1.4.4 – Cálcio, magnésio e sódio extraíveis do Solo

Sobre os teores de Ca, Mg e Na, não foram observados efeitos significativos dos níveis de reposição da evapotranspiração (Tabela 41, Figura 28 E, F, G.). A partir dos dados médios verificados, obtiveram-se como valores médios no solo 29,11, 17,35 e 9,12 mmolc kg⁻¹, para Ca, Mg e Na, respectivamente. As correspondentes concentrações no solo no início da pesquisa (Tabela 9) eram 12,5, 15,5 e 0,3 mmolc kg⁻¹, portanto inferiores, enquanto que na água residuária utilizada nas irrigações eram 56,10, 39,04 e 141,80 mg L⁻¹. Ao se analisar esses dados, constata-se que o Ca no solo aumentou 2,33 vezes (133%), o Mg aumentou menos, cerca de 11,94%, enquanto o aumento do Na foi 30,40 vezes (2.940%). Ao se confrontar as concentrações médias (29,11, 17,35 e 9,12 mmolc kg⁻¹) com as observadas no primeiro ciclo por Silva (2009), cujas médias foram 10,39, 7,70 e 18,63 mmolc kg⁻¹, para Ca, Mg e Na, respectivamente, deduz-se que os teores de Ca e Mg evoluíram entre um ciclo e outro, entretanto o teor de Na caiu no segundo ciclo.

Rodrigues et al. (2009b), em estudo similar com a mamoneira, registraram acréscimos sucessivos de 7,20 e 32,18% nas concentrações de Ca e Mg no solo que recebeu 120% ETc, comparadas às do solo submetido a 60% ETc.

O aumento nas concentrações de Ca e Mg, ou seja, a melhoria na fertilidade, pode ser atribuída à água utilizada para irrigação, que continha teores médios de cálcio (56,10 mg L⁻¹) e magnésio (39,04 mg L⁻¹) adequados, que de acordo com Ayers & Westcot (1999), podem variar de 0 a 400 mg L⁻¹ e de 0 a 60 mg L⁻¹, respectivamente, dentro dos padrões.

Lucena et al. (2006) observaram que o efluente de esgoto não influenciou os valores de cálcio de forma significativa quando comparado com a água de abastecimento, em irrigação nos solos Neossolo Quartzarênico, concordando com Nascimento (2003), em pesquisa com mamoneira submetida à aplicação de água residuária. Por outro lado, Medeiros et al. (2005) apontaram que a água residuária pode ser uma alternativa de aporte de Ca⁺² e Mg⁺² ao solo, em substituição às fontes tradicionais de calcário. O acréscimo ou decréscimo desses nutrientes está diretamente relacionado à sua concentração na água residuária, à concentração absorvida pelas plantas e à lixiviação no perfil do solo.

O acréscimo na concentração de Na⁺ pode ser devido à concentração de sódio da água de esgoto usada na irrigação, 141,80 mg L⁻¹ (\cong 6,16 mmolc L⁻¹) conforme análise da água na tabela 10 (Material e Métodos). Lucena et al. (2006) também verificaram aumento no teor do sódio trocável (Na), em unidades experimentais que foram irrigadas com efluente de esgoto tratado, cuja concentração de Na⁺ era 193 mg L⁻¹. Segundo aqueles autores, o fato de não ter havido percolação do Na nas unidades experimentais, porque a umidade do solo foi mantida a 80

% da capacidade de campo, também contribuiu para o aumento de sua concentração nas parcelas.

Rodrigues et al. (2009b) relataram que a concentração média de Na^+ observada nos níveis 0,60, 0,75 e 0,90 da ETc, foi de 23,89 mmolc kg^{-1} , com baixíssima variação entre as concentrações, razão por que optaram pela curva segmentada $Y = 23,89 - 23,056(x-0,90)$, válida para ' Nr ' > 0,90, como função de resposta que melhor explica os efeitos dos níveis de reposição da evapotranspiração na mamoneira.

Segundo Johns & McConchie (1994), a entrada de Na^+ pela aplicação de efluente, pode substituir o Ca^{+2} e o Mg^{-2} na superfície dos colóides, com redução da disponibilidade dos dois nutrientes. Por outro lado, a elevada concentração de carbonato (40,80 mg L^{-1}) e principalmente bicarbonato (478,75 mg L^{-1}) causam a precipitação de Ca^{+2} . Nascimento (2003), ao comparar com o estado final com o inicial, não verificou incremento de Ca^{+2} e Mg^{+2} nos solos, em pesquisa com a mamoneira.

Nascimento (2003) verificou, ao término do experimento, que as parcelas conduzidas sob água de abastecimento e água residuária, acumularam 6,84 e 37,65 mmolc L^{-1} de Na, respectivamente. Essas concentrações são bastante elevadas podendo então, constituir fator limitante para uso de água residuária, em razão de haver possibilidade de acúmulo de sódio ao longo do tempo de uso.

Práticas especiais de manejo, como aplicação de lâminas de lixiviação (como ocorria nos tratamentos 100 e 125 % ETc), aplicação de água de melhor qualidade (baixo sódio), em determinados períodos, bem como, a suspensão do reúso durante o período chuvoso, podem contribuir para a lixiviação do elemento abaixo da zona radicular.

Foi observada na água residuária, relação da concentração $\text{Ca:Mg} < 1$ (mmolc L^{-1} /mmolc L^{-1}) e RAS média de 3,55 (mmol L^{-1})^{1/2}, classificada quanto ao grau de risco, como ligeiro a moderado, segundo Ayers & Westcot (1999).

Os efeitos do sódio são maiores quando, na água da irrigação, a proporção Ca:Mg é menor que a unidade. Significa que determinado valor de RAS é ligeiramente mais perigoso quando a proporção Ca:Mg é menor que 1 e que, quanto mais baixa for esta proporção, maior será o perigo dessa RAS (AYERS & WESTCOT, 1999).

Não foi observada diferença significativa entre as médias de podas 'alta' e 'baixa' para as três variáveis em questão; também não houve interação significativa entre os fatores estudados ($\text{Nr} \times \text{P}$), indicando que os efeitos foram independentes.

Para o Ca^{++} no solo, de acordo os resultados da análise de variância (Tabela 42) houve diferenças significativas em todos os contrastes (tratamentos com água residuária *versus* o

tratamento testemunha). A concentração média de Ca^{++} no solo da 'testemunha' foi cerca de 11,08 mmolc Kg^{-1} , e nos tratamentos com uso de água residuária, as concentrações variaram entre 26,00 e 33,00 mmolc Kg^{-1} de solo, diferenças atribuídas ao aporte de Ca^{++} pela água residuária (56,10 mg L^{-1}). No primeiro ciclo, Silva (2009) verificou resultados semelhantes, exceto sob 125% ETc, situação em que a testemunha superou o tratamento com água residuária.

No que diz respeito às concentrações de Mg^{++} e de Na^+ também notam-se efeitos significativos, em alguns níveis de reposição e, em outros, ausência de efeitos significativos (Tabela 42). Em resumo, notam-se nos cinco níveis de reposição que as concentrações desses elementos foram maiores ou não diferiram do 'controle'.

Os incrementos nas concentrações desses elementos são atribuídas ao aporte da água residuária utilizada nas irrigações, Ca^{++} (56,10 mg L^{-1}), Mg^{++} (39,04 mg L^{-1}) e Na^+ (141,80 mg L^{-1}).

Tabela 41 - Resumo das análises de regressão dos atributos de fertilidade do solo (C-Org, M. Org., N, P, K, Ca, Mg, Na). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		C-Org	M. Org.	N	P	K	Ca	Mg	Na
N. de Rep (Nr)	4	2.1238 ^{ns}	6.3129 ^{ns}	0.0156 ^{ns}	2018.9034 ^{ns}	2.8631 ^{ns}	26.5906 ^{ns}	10.9519 ^{ns}	23,8421*
Reg. Linear	1	1.6161 ^{ns}	4.8057 ^{ns}	0.0119 ^{ns}	2494.2611 ^{ns}	3.2446 ^{ns}	23.4361 ^{ns}	2.8501 ^{ns}	22.3795 ^{ns}
Reg. Quadrát.	1	3,5155*	10,4536*	0,0254*	972.9108 ^{ns}	5,9141*	16.5858 ^{ns}	2.6108 ^{ns}	26.1157 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0.7830 ^{ns}	2.3237 ^{ns}	0.0056 ^{ns}	4607.1301 ^{ns}	0.2424 ^{ns}	39.7620 ^{ns}	0.0211 ^{ns}	27.5055 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	2.5804 ^{ns}	7.6684 ^{ns}	0.0196 ^{ns}	1.3114 ^{ns}	2.0515 ^{ns}	26.5786 ^{ns}	38.3254 ^{ns}	19.3673 ^{ns}
Blocos	3	0.5206 ^{ns}	1.5464 ^{ns}	0.0037 ^{ns}	484.8469 ^{ns}	1.7501 ^{ns}	4.1122 ^{ns}	1.4913 ^{ns}	4.6942 ^{ns}
Poda (P)	1	0.0653 ^{ns}	0.1948 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	2844.2822 ^{ns}	0.0182 ^{ns}	19.7402 ^{ns}	21.3160 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
Inter. (Nr x P)	4	0.5799 ^{ns}	1.7194 ^{ns}	0.0043 ^{ns}	760.6066 ^{ns}	0.2437 ^{ns}	15.7709 ^{ns}	2.2104 ^{ns}	1.0053 ^{ns}
Resíduo	26	0.7851	2.3306	0.00579	2558,6832	1.3489	22.0882	13.9408	7,3188
CV(%)		25,19	25,17	25,02	27,84	25,91	16,14	21,52	29,68
Poda (P)	Médias								
		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mmolc kg ⁻¹)	(mmolc kg ⁻¹)	(mmolc kg ⁻¹)	(mmolc kg^{-1})
Baixa	3.4450 a	5.9400 a	0.2970 a	173.2900 a	4.4200 a	28.4100 a	16.6200 a	9.1100 a	
Alta	3,5900 a	6,1905 a	0,3110 a	190,1550 a	4,5450 a	29,8150 a	18,0800 a	9,1200 a	
DMS	1,031454	1,777760	0,088794	32,820844	2,207753	3,049449	2,422618	4,712702	

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 26 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)

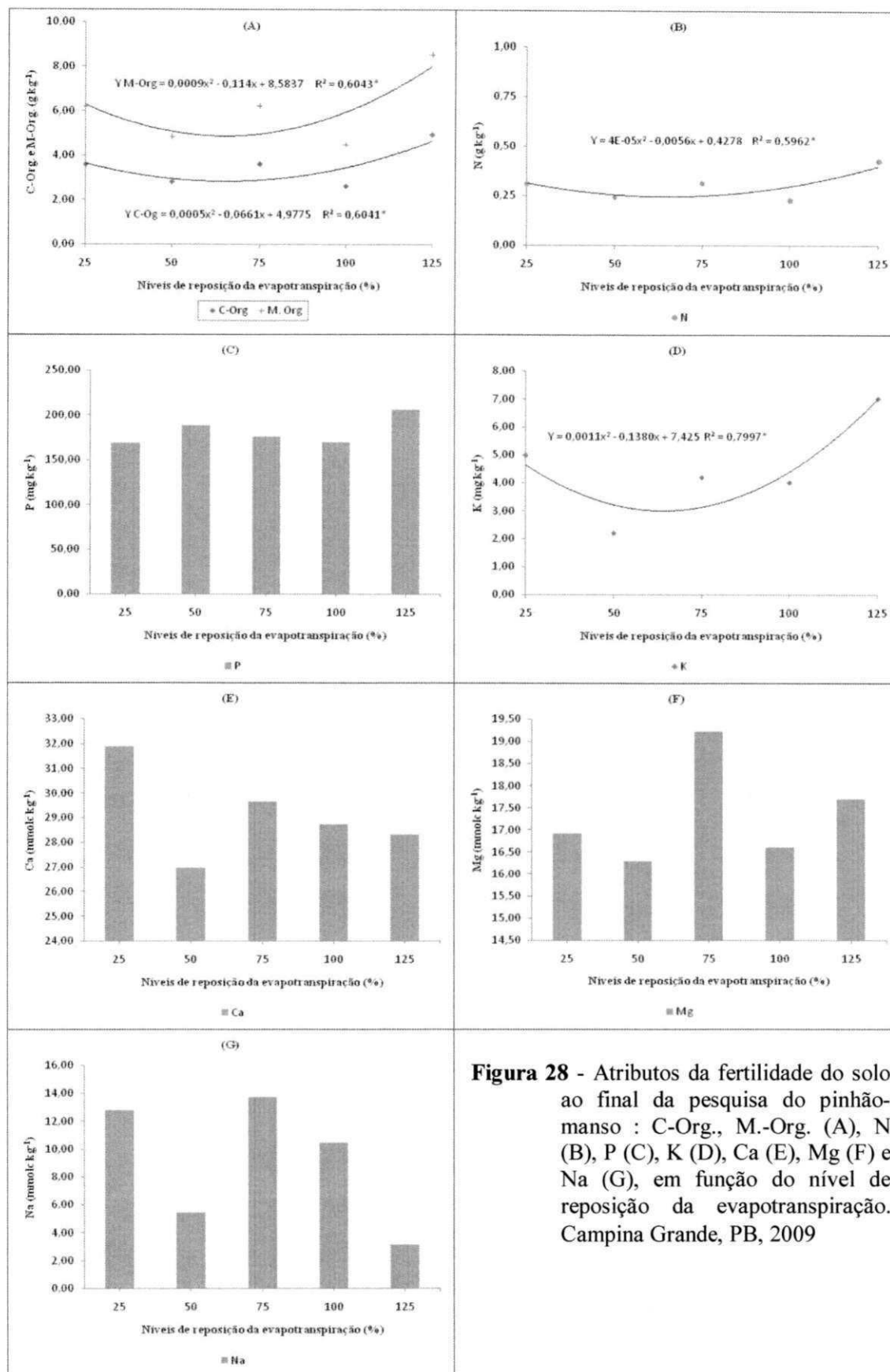


Figura 28 - Atributos da fertilidade do solo ao final da pesquisa do pinhão-mansô : C-Org., M-Org. (A), N (B), P (C), K (D), Ca (E), Mg (F) e Na (G), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 42 - Resumo das análises de variância e médias dos atributos de fertilidade do solo (C-Org, M. Org., N, P, K, Ca, Mg, Na). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		C-ORG	M. ORG	N	P	K	Ca	Mg	Na
Tratamentos	10	5,2104*	15,4919*	0,0389*	7405,1267**	15.1557 ^{ns}	137,2282**	14.2774 ^{ns}	88.4052 ^{ns}
Blocos	3	1,5057 ^{ns}	4.4787 ^{ns}	0.0108 ^{ns}	441,2733 ^{ns}	13,7273 ^{ns}	2,1860 ^{ns}	3,3915 ^{ns}	29,4045 ^{ns}
Resíduo	29	2,2950	6,8174	0,0170	2307,1732	10,5494	23,5656	14,9307	47,9708
1-N ₂₅ Bx VS Ct.	1	3,6450 ^{ns}	10,8578 ^{ns}	0,0276 ^{ns}	32105,7800**	20,4800 ^{ns}	905,2512**	27,0112 ^{ns}	211,1512*
2-N ₂₅ Alt VS Ct.	1	19,5312**	58,0503**	0,1485**	21871,8612**	46,5612*	828,2450**	34,4450 ^{ns}	226,8450*
3-N ₅₀ Bx VS Ct.	1	4,5000 ^{ns}	13,3644 ^{ns}	0,0338 ^{ns}	48828,1250**	3,9200 ^{ns}	516,8112**	19,2200 ^{ns}	15,1250 ^{ns}
4-N ₅₀ Alt VS Ct.	1	4,0612 ^{ns}	12,0786 ^{ns}	0,0312 ^{ns}	26231,9512**	2,1012 ^{ns}	496,1250**	24,5000 ^{ns}	23,4612 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx VS Ct.	1	9,6800*	28,7661*	0,0741*	36382,5312**	28,1250 ^{ns}	935,2812**	45,6012 ^{ns}	240,9012*
6-N ₇₅ Alt VS Ct.	1	10,8112*	32,1602*	0,0840*	24134,0450**	14,5800 ^{ns}	482,0512**	117,8112**	282,0312*
7-N ₁₀₀ Bx VS Ct.	1	4,2050 ^{ns}	12,5000 ^{ns}	0,0325 ^{ns}	25076,8012**	20,1612 ^{ns}	662,4800**	15,9612 ^{ns}	192,0800 ^{ns}
8-N ₁₀₀ Alt VS Ct.	1	2,3112 ^{ns}	6,8820 ^{ns}	0,0180 ^{ns}	29004,3612**	16,8200 ^{ns}	584,8200**	38,7200 ^{ns}	83,8512 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx VS Ct.	1	31,6012**	93,9820**	0,2346**	48112,0200**	80,0112**	604,3100**	27,7512 ^{ns}	0,0312 ^{ns}
10-N ₁₂₅ Alt VS Ct.	1	21,1250**	62,8320**	0,1596**	45722,8800**	66,7012*	644,4050**	64,4112*	4,8050 ^{ns}
CV(%)		25,62	25,60	25,48	28,25	26,01	23,5655	22,79	30,51
Tratamentos		Médias							
		.....g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		.....mmolc kg ⁻¹			
1-N ₂₅ Bx		2,7000	4,6548	0,2327	179,8750	4,1750	32,3500	16,6750	12,6000
2-N ₂₅ Alt		4,4750	7,7149	0,3857	157,7500	5,8000	31,4250	17,1500	12,9750
3-N ₅₀ Bx		2,8500	4,9134	0,2457	209,4250	2,3750	27,1500	16,1000	5,0750
4-N ₅₀ Alt		2,7750	4,7841	0,2392	167,7000	2,0000	26,8250	16,5000	5,7500
5-N ₇₅ Bx		3,5500	6,1202	0,3060	188,0500	4,7250	32,7000	17,7750	13,3000
6-N ₇₅ Alt		3,6750	6,3357	0,3168	163,0250	3,6750	26,6000	20,6750	14,2000
7-N ₁₀₀ Bx		2,8000	4,8272	0,2414	165,1500	4,1500	29,2750	15,8250	12,1250
8-N ₁₀₀ Alt		2,4250	4,1807	0,2090	173,6000	3,8750	28,1750	17,4000	8,8000
9-N ₁₂₅ Bx		5,3250	9,1803	0,4590	208,2750	7,3000	27,6000	16,7250	2,4500
10-N ₁₂₅ Alt		4,6000	7,9304	0,3965	204,3750	6,7500	29,0250	18,6750	3,8750
Controle		1,3500	2,3274	0,1164	53,1750	1,9750	11,0750	13,0000	2,3250

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 29 a partir de 90 DFAPd (uma parcela perdida)

5.1.4.5 – Hidrogênio (H) e alumínio (Al) no solo

Conforme os dados apresentados na Tabela 43 e Figuras 29 A e B, nota-se ausência de efeito significativo para a concentração de Hidrogênio no solo, enquanto para Alumínio houve efeito linear significativo ($P < 0,01$).

No início da pesquisa, o solo continha 0,20 cmol_c kg⁻¹ e 0,05 cmol_c kg⁻¹ de H e Al, respectivamente. Ao longo da pesquisa, esses elementos químicos tiveram aumento nas suas concentrações; a partir dos dados relatados na Tabela 43, obtiveram-se médias de 14,10 mmol_c kg⁻¹ (7,05 vezes) e 0,80 mmol_c kg⁻¹ (1,60 vezes) para as concentrações de Hidrogênio e Alumínio, respectivamente. Os valores de Al presentes na Tabela 44, superiores a 0,30 mmol_c kg⁻¹, exceto sob 125% ETc, são considerados elevados, podendo comprometer o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Pela equação linear (Figura 29 B), verifica-se que a concentração de Alumínio decresceu em 24,68%, 49,36%, 74,04%, 98,72% entre o nível mais baixo de reposição (25% ETc) e os sucessivos níveis de reposição de evapotranspiração.

Não houve interação significativa para H e Al, tampouco diferença significativa entre concentrações nos sistemas de podas adotados, inicialmente.

Por meio dos dados da análise de variância, apresentados na Tabela 44, observam-se, nos contrastes entre os valores médios da concentração de H e Al do solo irrigado com água residuária, com aqueles do tratamento testemunha, influências significativas somente sobre o Al. Somente as parcelas irrigadas com maior restrição hídrica (25% ETc, 2,00 mmolc kg⁻¹) não diferiram significativamente das parcelas 'controle' (2,50 mmolc kg⁻¹) enquanto as demais tiveram concentrações significativamente inferiores, as quais oscilaram entre 0,23 a 0,80 mmolc kg⁻¹. Infere-se, pelos resultados, que a aplicação de água residuária de esgoto doméstico sob níveis elevados de reposição de ETc, reduz a concentração de Al, indesejável no solo, notadamente acima de 0,30 mmolc kg⁻¹.

5.1.4.6 – Potencial hidrogeniônico (pH) do solo

De acordo com a Tabela 43, vê-se que houve efeito dos níveis de reposição da evapotranspiração sobre o pH do solo, ocorrendo aumento linear. Considerando que o pH inicial do solo era 6,18 (Tabela 9) deduz-se que a disposição de esgoto (pH médio = 7,79) no solo não causou elevação do pH. Entretanto com base na equação linear (Figura 29C) verificaram-se acréscimos lineares no pH entre Nr₁ (25% ETc) e os demais níveis de reposição da ETc de 6,27%, 12,54%, 18,81%, 25,08%. Durante o primeiro ciclo, Silva (2009) verificou aumento do pH de 5,20 para 5,77 na camada superficial do solo (0-10 cm), sendo que o pH_{0-20cm} médio = 5,42 foi 0,15 unidade inferior ao pH_{0-20cm} médio do segundo ciclo (pH = 5,57).

Outros autores têm observado aumento do pH após a aplicação de água residuária. Lucena et al. (2006) verificaram que a irrigação com efluente de esgoto tratado melhorou as propriedades químicas do Neossolo Quartzarênico no que diz respeito ao aumento do pH, sendo elevado de 5,70 para 6,40 (aumento de 0,70 unidade). Rodrigues et al. (2009b), em pesquisa com mamoneira, registraram aumento no pH de 6,33 para 7,83. Xavier (2007), em estudo envolvendo a cultivar BRS Nordestina e águas residuárias tratadas de três indústrias da cidade de Campina Grande, também observou, aos 135 dias após a semeadura, elevação dos valores de pH, os quais giraram entre 6,68 e 8,59. Com a aplicação de esgotos no solo, além de aportar nutrientes, há a possibilidade da correção da acidez, disponibilizando mais ainda nutrientes para as plantas.

Medeiros et al. (2005) observaram que o manejo com água residuária foi mais efetivo no aumento do pH do solo, comparativamente ao manejo convencional que recebeu calagem, ocorrendo diminuição da acidez trocável (Al^{3+}) e da acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), fato que os autores atribuíram ao aumento da alcalinidade do solo e dos cátions trocáveis (Ca^{+2} , Mg^{+2} e Na^+).

Segundo Ayers & Westcot (1999), a faixa normal de pH na água de irrigação é de 6,50 a 8,40. O pH médio 7,79 da água de esgoto, utilizada nesta pesquisa, está dentro da faixa, sugerindo que tal água não causaria nenhum efeito prejudicial no solo irrigado ou nas culturas.

O aumento de pH no solo tem sido atribuído ao pH alto do efluente, à adição de cátions trocáveis e de ânions oriundos do efluente, à alteração na ciclagem de nutrientes mediante a adição de efluente, levando à redução do NO_3^- para NH_4^+ e a desnitrificação do NO_3^- , cujos processos produzem íons OH^- e podem consumir prótons (STEWART, HOPMANS & FLINN, 1990).

Como verificado para as variáveis anteriores, também não se verificaram efeitos significativos para o sistema de poda e para interação. Esse resultado, explica-se pela razão de, ao final da pesquisa, não ter havido diferenças significativas no crescimento das plantas entre os dois sistemas de poda.

De acordo com a Tabela 44, verificam-se efeitos significativos sobre o pH do solo com ocorrência de diferença significativa entre os contrastes (Nr vs Ct) com 50% e 125% de reposição da ETc, em que os valores médios de pH foram significativamente superiores ao pH médio do solo do tratamento 'controle' que foi de 5,02. Nos demais contrastes não se verificaram efeitos significativos; deduz-se que a aplicação de água residuária como irrigação aumenta ou mantém o pH do solo, efeitos verificado por vários outros (LUCENA et al., 2006; XAVIER, 2007; RODRIGUES, 2008; SILVA, 2009).

5.1.4.7 - Condutividade elétrica da suspensão solo água (CEsa)

Para a CEsa, verificou-se efeito significativo dos tratamentos ao nível de 1% de probabilidade, segundo regressão linear (Tabela 43, Figura 29D). De acordo com o modelo matemático, entre Nr1 (25% ETc) e os sucessivos níveis de reposição, verificaram-se decréscimos de 21,05%, 42,10%, 63,15% e 84,20%. Provavelmente, esse efeito pode ser atribuído à lixiviação e à maior disponibilidade hídrica na camada superficial do solo. A CEsa média foi $1,26 \text{ dS m}^{-1}$, obtendo-se valores inferiores sob maiores níveis de reposição, 100% e 125% ETc.

Rodrigues et al. (2009b) utilizando da mesma água residuária, observaram que a condutividade elétrica da suspensão solo-água (CEsa) foi consideravelmente afetada pelos diferentes níveis de reposição da ETc, com redução significativa quando se aplicaram lâminas de irrigação superiores a 90% da evapotranspiração. As plantas em crescimento extraem água (transpiram) e deixam os sais; o que somada à evaporação da água do solo, traz como consequência concentrações de sais na superfície do solo.

Segundo Ayers & Westcot (1999), as águas cuja condutividade elétrica (CEa) variam entre 0,70 e 3,00 dS m⁻¹, são classificadas como sendo de risco moderado, tal como a água residuária de origem doméstica (CEa = 1,40 dS m⁻¹) utilizada nesta pesquisa.

Medeiros et al. (2005), investigando alterações químicas no solo, notaram que, pelo fato da água residuária utilizada ser de baixa salinidade (CE de 0,56 dS m⁻¹), não ocasionou problemas de salinidade para o solo nem para o cafeeiro.

Xavier (2007), em estudo envolvendo a cultivar BRS Nordeste de mamona e águas residuárias provenientes de indústrias, também observou efeitos significativos das lâminas de irrigação, com valores de CEsa variando entre 0,29 e 1,00 dS m⁻¹, aos 135 dias após a semeadura.

Vale salientar que na presente pesquisa avaliou-se a condutividade elétrica da suspensão solo-água (CEsa), sendo seu valor bem inferior ao da CEes, na ordem de 4 a 6 vezes.

Águas da classe C2 (0,70 e 3,00 dS m⁻¹), como a água residuária, utilizada nesta pesquisa, não podem ser usadas em solo de drenagem deficiente (DAKER, 1988). Mesmo nos solos de boa drenagem, como o utilizado nessa pesquisa (franco-arenoso), pode-se necessitar de práticas especiais de controle da salinidade e se devem plantar somente vegetais tolerantes aos sais. O aumento da condutividade elétrica (CE) do solo, mediante irrigação com efluente, tem sido comum em sistemas agrícolas, pastagens e florestas, mais pronunciadamente na camada superficial do solo (SMITH, HOPMANS & COOK, 1996).

Não foi significativo o fator 'poda', nem houve de efeito interativo entre os fatores (Tabela 43).

A aplicação de água residuária tende a aumentar a a Condutividade Eletrica da Suspensão Solo Água (CEsa), confirmada pelos valores médios dos tratamentos (0,40 a 2,31 dS m⁻¹) e do 'controle' (\cong 0,35 dS m⁻¹) e, estatisticamente, pelos constrastes significativos detectados com 25% e 75% ETc.

5.1.4.8 – Soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de bases (V%) e percentagem de sódio trocável (PST%)

No que diz respeito a soma de bases-S, capacidade de troca catiônica-CTC, saturação de bases-V% e percentagem de sódio trocável-PST%, resumo das análises de variância, apresentado na Tabela 43, observou-se a ausência de efeitos significativos dos fatores 'Nr' e 'Poda', bem como ausência de interação entre eles. As médias, em função dos níveis de reposição da evapotranspiração, estão ilustradas na Figura 29E, 29F, 29G, 29H.

Os valores médios observados para S, CTC, V e PST foram 60,06 mmolc kg⁻¹, 74,97 mmolc kg⁻¹, 80,14%, 11,75%. Confrontando esses resultados com os valores originais (início do primeiro ciclo) 31,60 mmolc kg⁻¹, 33,80 mmolc kg⁻¹, 93,49%, 0,89% (Tabela 9), notam-se, então, aos 240 dias após a poda, acréscimos de 90,06% para a soma de bases-S e de 121,80% para capacidade de troca catiônica-CTC, redução de 14,28% na saturação de bases-V%, e acréscimo progressivo de 1.220% na percentagem de saturação de sódio-PST.

Houve, portanto, melhorias da fertilidade do solo no tocante à soma de bases e à capacidade de troca de cátions. Ao se analisar os valores médios para CEsa (1,26 dS m⁻¹) que resultaria em CEes entre 2,52 a 7,56 dS m⁻¹ (faixa estimada como CEes = 4 a 6 x CEsa), PST de 11,75% e pH de 5,57, deduz-se que, ao final do experimento, o solo pode ser classificado como não salino (CEes < 4,00 dS m⁻¹, PST < 15,00, pH < 8,50), de acordo com Richards (1977).

Os valores da PST são devidos à contribuição do Na⁺ na CTC; o Na⁺ pode acarretar ao solo, problemas como dispersão de argila, conseqüentemente, impermeabilização e endurecimento. Martin, Richards & Pratt (1964) também observaram que o aumento nos teores de Na⁺ no solo influenciou a CTC, principalmente, em solo ácido e, ainda, diminuição da condutividade hidráulica, à medida que aumentou a PST.

Lucena et al. (2006) concluíram que o efluente de esgoto tratado, proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes de Esgoto e Resíduos Sólidos do município de Campina Grande-PB, pode ser utilizado na irrigação de culturas implantadas em Neossolo Quartzarênico, de preferência em sistemas abertos, para que não haja acúmulo de sódio no solo.

A presença de sódio, na proporção em que se encontrava no efluente (141,80 mg L⁻¹), está dentro da faixa normalmente encontrada em efluentes de esgoto, 50 a 250 mg L⁻¹ (FEIGIN, RAVINA & SHALHEVET, 1991). Segundo esses autores, a dispersão de argilas é uma das causas da redução da porosidade do solo, da condutividade hidráulica, da taxa de infiltração e da destruição da estrutura do solo.

Johns & McConchie (1994) verificaram que a irrigação com efluentes não somente proporcionou aumento no teor de Na^+ trocável, mas também, levou ao incremento no teor de Na^+ lixiviado na solução do solo.

A aplicação contínua de água residuária, com CE de $1,40 \text{ dS m}^{-1}$ e RAS de $3,55 \text{ (mmol L}^{-1})^{0,5}$, utilizada neste trabalho (características apresentadas na Tabela 10), pode, ao longo do tempo, causar problemas de infiltração ao solo, decorrente da sodicidade. Nascimento (2003), em pesquisa com mamoneira, verificou que o uso de água residuária com CE de $1,36 \text{ dS m}^{-1}$, sem relato de RAS, aumentou significativamente a PST do solo, em relação ao uso de água de abastecimento. Medeiros et al. (2005) notaram que a água residuária com CE de $0,56 \text{ dS m}^{-1}$, contendo $43,18 \text{ mg L}^{-1}$ de Na^+ , não ocasionou problemas de salinidade e o sódio adsorvido se encontrou abaixo dos limites prejudiciais para a cultura do café.

Em resumo, conferem-se pelos resultados de S, CTC e V% apresentados na Tabela 44, os impactos da água residuária (efeitos positivos), pois notam-se pelos contrastes (tramentos vs controle) que os valores médios para a soma de bases (S), para a capacidade de troca (CTC) bem como para a saturação de bases (V%) progrediram, significativamente, com destaque para as variáveis S e V em que houve diferença significativa, em todos os níveis de reposição da evapotranspiração.

Ainda de acordo com a Tabela 44, pode-se generalizar, com foco nos contrastes (níveis de reposição *versus* controle) que a percentagem de sódio trocável (PST%) é aumentada com a aplicação de água residuária de esgoto doméstico, pelas razões já elencadas.

Tabela 43 - Resumo das análises de regressão dos atributos de fertilidade do solo (H, Al, pH H_2O (1:2,5), CEsa (dS/m) 1:2,5 Soma das Bases-S, capacidade de troca catiônica-CTC, Saturação de Bases-V%, percentagem de sódio trocável-PST (%)). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		H	Al	pH H_2O (1:2,5)	CEsa (dS/m) 1:2,5	Soma das Bases -S	CTC	Sat. Bases (V%)	PST (%)
Nível de Reposição (Nr)	4	31,910 ^{ns}	0,3550**	2,1531**	0,4625**	374,6121 ^{ns}	649,6565 ^{ns}	17,2124 ^{ns}	13,0624 ^{ns}
Reg. Linear	1	6,272 ^{ns}	1,0941**	7,4653**	1,4262**	111,8645 ^{ns}	227,5125 ^{ns}	13,0169 ^{ns}	18,3827 ^{ns}
Reg. Quadr.	1	54,600 ^{ns}	0,1330 ^{ns}	0,0413 ^{ns}	0,1041 ^{ns}	0,8228 ^{ns}	224,7032 ^{ns}	54,2240 ^{ns}	11,8771 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	19,208 ^{ns}	0,1426 ^{ns}	0,3245 ^{ns}	0,1844 ^{ns}	637,3205 ^{ns}	1058,5125 ^{ns}	1,1424 ^{ns}	14,1960 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	47,561 ^{ns}	0,0503 ^{ns}	0,7815 ^{ns}	0,1320 ^{ns}	748,4406 ^{ns}	1037,8978 ^{ns}	0,4663 ^{ns}	7,7939 ^{ns}
Blocos	3	1,0323 ^{ns}	0,0155 ^{ns}	0,0350 ^{ns}	0,0471 ^{ns}	100,9240 ^{ns}	118,4937 ^{ns}	2,2257 ^{ns}	2,6952 ^{ns}
Poda (P)	1	10,201 ^{ns}	0,0233 ^{ns}	0,1464 ^{ns}	0,0137 ^{ns}	0,0360 ^{ns}	16,1290 ^{ns}	18,7006 ^{ns}	0,4770 ^{ns}
Inter. (Nr x P)	4	1,643 ^{ns}	0,0240 ^{ns}	0,0223 ^{ns}	0,0051 ^{ns}	20,7878 ^{ns}	25,1665 ^{ns}	6,1506 ^{ns}	1,1716 ^{ns}
Resíduo	27 ¹	13,927	0,04132	0,2637	0,08759	202,1314	292,3499	14,0844	4,85674
CV(%)		26,46	25,41	9,22	23,47	23,67	22,81	4,69	20,01
Poda (P)	Médias								
		.....(mmolc kg ⁻¹).....	.....	.....	dS/m	.....( mmolc kg ⁻¹).....			%
	Baixa	13,600 a	0,7000 a	5,5090 a	1,2030 a	60,0300 a	74,3300 a	79,3935 a	10,7105 a
	Alta	14,610 a	0,9000 a	5,6300 a	1,3190 a	60,0900 a	75,6000 a	80,7610 a	11,3165 a
DMS	2,4214	0,54715	0,333219	0,601125	9,224830	11,094124	2,435071	3,967699	

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 26 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)



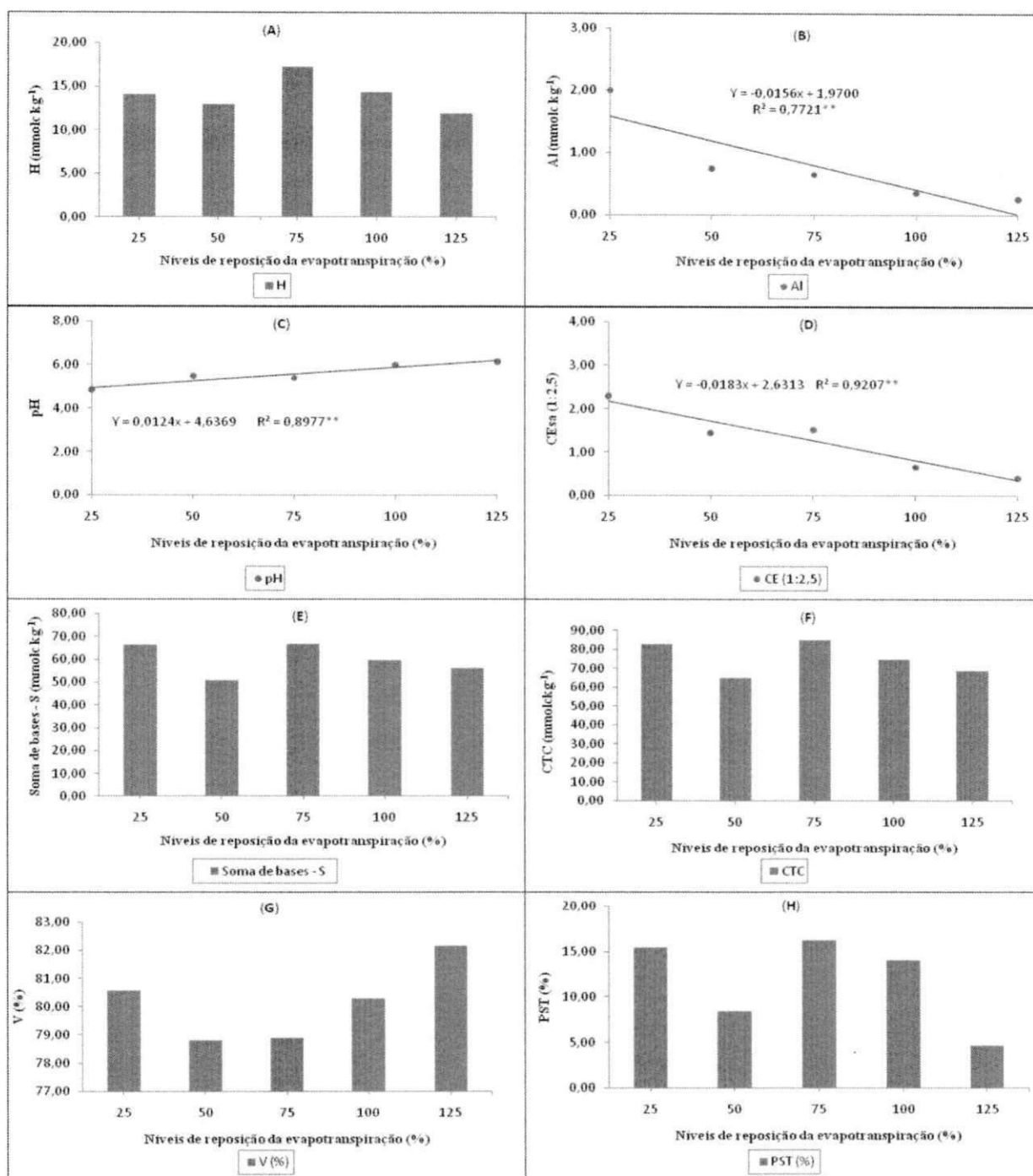


Figura 29 - Atributos da fertilidade do solo ao final da pesquisa do pinhão-mansó: H (A), Al (B), pH (C), CEs_a (D), soma das base - S (E), capacidade de troca catiônica - CTC (F), saturação de bases-V% (G) e percentagem de sódio trocável-PST (H), em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 44 - Resumo das análises de variância e médias dos atributos de fertilidade do solo (H, Al, pH H₂O (1:2,5), CEs_a (dS m⁻¹) 1:2,5 Soma das Bases-S, capacidade de troca catiônica-CTC, Saturação de Bases-V%, percentagem de sódio trocável-PST (%)). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		H	Al	pH H ₂ O (1:2,5)	CEs _a (dS/m) 1:2,5	Soma bases (S)	CTC	Sat. Bases (V%)	PST Real (%)
Tratamentos	10	16,1934 ^{ns}	3,6909**	0,9936**	2,1502*	546,6397*	572,9472*	169,7476**	76,3273*
Blocos	3	4,4900 ^{ns}	0,5757 ^{ns}	0,0591 ^{ns}	0,4107 ^{ns}	77,0354 ^{ns}	116,4481 ^{ns}	2,6388 ^{ns}	16,4606 ^{ns}
Resíduo	30	13,7825	0,7091	0,2421	0,7791	186,6800	264,8744	21,0829	34,4387
1-N ₂₅ Bx VS Ct.	1	10,5800 ^{ns}	0,5000 ^{ns}	0,0420 ^{ns}	7,4170**	2952,9612**	2538,2812**	936,3628**	185,5701*
2-N ₂₅ Al VS Ct.	1	9,6800 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0882 ^{ns}	7,7087**	3196,0012**	2853,9012**	881,5800**	192,3741*
3-N ₅₀ Bx VS Ct.	1	11,0450 ^{ns}	8,0000**	1,5931*	0,2090 ^{ns}	1088,1112*	720,1012 ^{ns}	681,1740**	11,2812 ^{ns}
4-N ₅₀ Al VS Ct.	1	38,2812 ^{ns}	12,5000**	2,2155**	0,1633 ^{ns}	1123,3800*	566,1612 ^{ns}	951,7884**	30,6544 ^{ns}
5-N ₇₅ Bx VS Ct.	1	5,2812 ^{ns}	4,5000*	0,1378 ^{ns}	3,4888*	3382,5312**	3403,1250**	709,1378**	111,6018 ^{ns}
6-N ₇₅ Al VS Ct.	1	0,1512 ^{ns}	8,0000**	0,4232 ^{ns}	2,0635 ^{ns}	2853,9012**	2599,2050**	784,0800**	185,9556*
7-N ₁₀₀ Bx VS Ct.	1	6,8450 ^{ns}	4,5000*	0,2964 ^{ns}	3,0295 ^{ns}	2312,0000**	1878,8450*	831,3003**	191,2968*
8-N ₁₀₀ Al VS Ct.	1	8,6112 ^{ns}	8,0000**	0,5671 ^{ns}	1,8557 ^{ns}	1906,5312**	1436,4800*	843,7832**	94,1878 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx VS Ct.	1	25,5612 ^{ns}	12,5000**	2,1528**	0,0074 ^{ns}	1425,7800**	850,7812 ^{ns}	939,1778**	4,0898 ^{ns}
10-N ₁₂₅ Al VS Ct.	1	52,5312 ^{ns}	12,5000**	2,8920**	0,0057 ^{ns}	1915,8050**	1088,1112 ^{ns}	1216,9711**	0,7938 ^{ns}
CV(%)		25,95	28,22	8,91	24,94	23,93	22,50	5,87	21,00
Tratamentos	Médias								
	.....(mmole kg ⁻¹).....	--	dS/m	.....(mmole kg ⁻¹).....	%				
1-N ₂₅ Bx	14,0000	2,0000	4,8775	2,2725	65,8000	81,8000	80,8362	14,7761	
2-N ₂₅ Al	14,1000	2,0000	4,8125	2,3100	67,3500	83,9500	80,1906	14,9514	
3-N ₅₀ Bx	13,9500	0,7200	5,9150	0,6700	50,7000	65,1500	77,6528	7,5207	
4-N ₅₀ Al	11,9250	0,7800	6,0750	0,6325	51,0750	63,0000	81,0135	9,0580	
5-N ₇₅ Bx	17,9250	0,8000	5,2850	1,6675	68,5000	87,4250	78,0272	12,6155	
6-N ₇₅ Al	16,5750	0,5000	5,4825	1,3625	65,1500	82,2250	78,9956	14,7875	
7-N ₁₀₀ Bx	14,4500	0,4000	5,4075	1,5775	61,3750	76,8250	79,5873	14,9242	
8-N ₁₀₀ Al	14,2250	0,3000	5,5550	1,3100	58,2500	72,9750	79,7363	12,0098	
9-N ₁₂₅ Bx	12,7250	0,2700	6,0600	0,4075	54,0750	66,8000	80,8667	4,2145	
10-N ₁₂₅ Al	11,1750	0,2300	6,2250	0,4000	58,3250	69,5000	83,8656	5,2753	
Controle	16,3000	2,5000	5,0225	0,3468	27,3750	46,1750	59,1982	5,1483	

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 29 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)

5.1.5 – Teores de macronutrientes em tecidos foliares

Os resultados da análise de variância para as concentrações de macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), contidos nas folhas de pinhão-mansão estão resumidos na Tabela 45, onde se constata que os níveis de reposição da evapotranspiração resultaram em efeitos adversos sobre as concentrações de macronutrientes. Não se distinguiu o fator 'poda', sendo a amostra por planta composta de 6 folhas completamente maduras próximas ao ápice da planta (3 folhas por planta de cada sistema, poda 'alta' e poda 'baixa').

Não se encontrando na literatura disponível, informações sobre a temática nutricional do pinhão-mansão, serão feitas referências e citações com a cultura da mamoneira, planta *Euphorbiaceae*, mesma família do pinhão-mansão.

A ordem de concentração de nutrientes nas folhas foi N>K>Ca>P>Mg>S com os respectivos valores médios de 30,01, 15,38, 7,81, 4,01, 3,71 e 0,65 g kg⁻¹, com maior destaque para N, K, e Ca. Sousa et al. (2009a), utilizando os mesmos índices de reposição hídrica, em

pinhão-manso, observaram sequência de acúmulo $K > N > Ca > Mg > P > S$, diferindo dos resultados desta pesquisa, pela predominância de K sobre o N e de Mg sobre o P.

Em estudos com a mamoneira, utilizando a mesma água residuária, Rodrigues (2008) também verificou ser esses três nutrientes os mais absorvidos, porém predominando K, conforme a seguinte ordem $K > N > Ca > S > Mg > P$ e respectivos valores médios 20,85, 13,26, 9,22, 6,96, 5,84 e 2,22 g kg⁻¹. O mesmo autor verificou que, na mamoneira, a concentração de macronutrientes nas folhas suplanta a sua concentração nas raízes. Lavres Júnior et al. (2005) observaram marcha parecida na acumulação de nutrientes na cultivar 'Íris' de mamoneira, ao determinarem a seguinte ordem decrescente $N > K > Ca > Mg > P > S$, o que reflete as exigências da planta.

Medeiros et al. (2008) verificaram, em relação ao manejo convencional (irrigação com água doce e adubação), que a adoção do manejo com água residuária foi mais efetivo na melhoria do estado nutricional do cafeeiro, contudo insuficiente.

Nitrogênio (N-foliar)

O nitrogênio é o nutriente mais abundante nas plantas, pois é constituinte de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas e nucleotídeos. As proteínas contêm em torno de 18% de N. O nitrogênio na forma molecular N₂ (N≡N), abundante na natureza, é inaproveitável pelas plantas, sendo absorvido como nitrato ou amônio (MARSCHNER, 1995).

Embora não havendo significância dos níveis de reposição sobre o N-foliar (Tabela 45), após a decomposição dos graus de liberdade em regressões polinomiais, verificou-se efeito quadrático, mas com concentrações próximas de 30 g kg⁻¹, entre os 5 níveis de reposição (Figura 30A). De acordo com a equação matemática, a menor concentração de N (29 g kg⁻¹) foi verificada sob 71,32% ETC.

A concentração média de N-foliar foi 30,01 g kg⁻¹. Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004), os teores adequados de N para um crescimento normal das plantas variam entre 20 e 50 g kg⁻¹. Deduz-se, então, que o aporte de N da água residuária (31,50 mg L⁻¹) apresentado na Tabela 10, foi suficiente para suprir as necessidade do pinhão-manso em N. De fato, não foi visualizada clorose nas folhas, sintoma de deficiência mais evidente em folhas mais velhas, porque N é um elemento facilmente translocável.

Em pesquisas com mamoneira, Rodrigues (2008), trabalhando com água residuária, verificou concentração média de 11,70 e 13,26 g kg⁻¹ em raízes e folhas, respectivamente, enquanto Barros Júnior (2007), em plantas adequadamente adubadas e irrigadas com água de

abastecimento público, sob as mesmas condições ambientais, constatou maiores concentrações de N, 46,94 g kg⁻¹ em raízes e, de 33,68 g kg⁻¹ em folhas.

Confirma-se, com base nos contrastes, contidos na Tabela 46, a contribuição da água residuária na fertilidade do solo. Notam-se diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre as concentrações médias de N-foliar dos níveis de reposição *versus* 'controle'. Fica caracterizada que a aplicação de água residuária, mesmo com restrição, fertiliza o solo que se reflete na nutrição da planta, representada pela concentração do nutriente nas folhas. Enquanto as plantas irrigadas com água residuária, continham, em média 30,01 g kg⁻¹ de N, as plantas da testemunha continham cerca de 20,82 g kg⁻¹. Deduz-se que as plantas irrigadas com água de esgoto doméstico tiveram 44,14% a mais de nitrogênio, comparadas às do 'controle'.

Fósforo (P-foliar)

Segundo Marengo & Lopes (2007), depois de nitrogênio, o fósforo é o nutriente que mais limita o crescimento dos vegetais na maioria dos solos. Mais de 80% do fósforo aplicado para melhorar a produtividade das culturas torna-se indisponível à planta, devido a sua adsorção às partículas do solo, precipitação ou transformação em P orgânico. Na solução do solo, o P inorgânico não se movimenta em fluxo de massa, mas por difusão, o que desfavorece a sua absorção.

O P desempenha papel-chave no metabolismo celular, faz parte dos fosfolipídios, açúcares fosfatados, nucleotídeos (NAD, FAD, ATP), coenzimas (CoA, FAD) e ácidos nucleicos (DNA, RNA) (MARSCHNER, 1995).

A exemplo do N-foliar, não houve efeito significativo dos níveis de reposição sobre o P-foliar (Tabela 45), contudo após a decomposição dos graus de liberdade, detectou-se efeito linear. De acordo com Figura 30^a, verificaram-se acréscimos nos teores de P, com o incremento dos níveis de reposição; entre Nr₁ (25% ETc) e os demais níveis de reposição, o P-foliar progrediu 3,40%, 6,80%, 10,20%, 16,60%. Aplicando-se o modelo linear, constatou-se aumento de 5,10 mg kg⁻¹ de P-foliar para o aumento unitário no nível de reposição da evapotranspiração. Sousa et al. (2009a), em condições similares, observaram que o conteúdo de P também aumentou com o incremento dos níveis de reposição da ETc, entretanto sob efeito quadrático.

O P, assim como o K, são elementos que necessitam de umidade para sua difusão e o aumento da reposição hídrica implicou em maior teor de umidade no solo, conseqüentemente, maior solubilidade e maior difusão na solução do solo, proporcionando aumento na disponibilidade desse nutriente para as plantas; por outro lado, a água residuária utilizada para a

irrigação continha teor médio de P de 4,60 mg L⁻¹, um aporte a mais do nutriente no solo, além das adubações de cobertura.

Em termos médio, a concentração de P-foliar foi 4,01 g kg⁻¹, imediatamente superior ao Mg-foliar (3,71 g kg⁻¹). Em pesquisa de natureza similar com a mamoneira, Rodrigues (2008) observou que a concentração de P-foliar (2,22 g kg⁻¹) foi a menor entre os macronutrientes, entretanto, a exemplo desta pesquisa, a sua concentração foi aumentada em função do acréscimo dos níveis de reposição da ETc vom água residuária. Barros Júnior (2007), estudando cultivares de mamoneira, encontrou resposta contrária, com decréscimo linear de P, com incremento de água disponível no solo. De acordo com Dechen & Nachtigal (2007), os teores de P nas plantas variam de 0,5 a 3,0 g kg⁻¹ de sua matéria seca, indício de que a concentração média, encontrada neste trabalho (4,01 g kg⁻¹) estava acima da faixa, não sendo portanto, fator limitante à produção. A água residuária utilizada nas irrigações continha 4,60 mg L⁻¹ de P, contribuindo, em parte, para a concentração foliar.

No início da pesquisa, ao substrato de preenchimento dos vasos se aplicaram 300 mg kg⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 9). O fósforo também foi aplicado, mensalmente, em adubações de cobertura, utilizando a fórmula 20-10-15 na dose de 200 g/planta/ano, conforme orientações de Dias et al. (2007) (Tabela 12). Trata-se, contudo, de um elemento de baixa solubilidade e mobilidade no solo, sendo pouco absorvido pelas raízes mas, segundo Malavolta (1980), o P absorvido é rapidamente incorporado a compostos orgânicos: 10 minutos depois da absorção, 80 % do P podem ser encontrados como fosfo-hexases e difosfato de uridina; a redistribuição pelo floema é das mais rápidas.

De acordo cam a Tabela 46, o P-foliar nas plantas tratadas com água residuária, à semelhança do N-foliar, também superou significativamente (P<0,01) o seu teor nas plantas do 'controle'. Nas folhas das plantas 'controle', a concentração média foi de aproximadamente, 2,24 g kg⁻¹, ao passo que nas irrigadas com água residuária, a concentração média de P-foliar foi 4,01 g kg⁻¹, portanto, um incremento de mais de 79,00%.

Potássio (K-foliar)

O potássio é absorvido do solo pelas raízes na forma iônica (K^+) e é requerido em numerosas enzimas do metabolismo vegetal. Algumas participam das reações da fotossíntese, da respiração, síntese de amidos, proteínas e lignina como a piruvato cinase, amido sintetase, desidrogenases e aldolases. O potássio, também, atua nos processos de osmorregulação (diminuição do potencial osmótico e aumento da pressão de turgor), dentre eles, extensão celular, movimento de estômatos, movimentos násticos, transporte no floema e a ascensão de água pelo xilema devido à pressão radicular (MARSCHNER, 1995).

Ao se observar os resultados de K (Tabela 45), verifica-se ter sido significativo o K nas folhas ($p < 0,01$), em função dos níveis de reposição da ETc. O potássio foi o segundo nutriente com maior concentração nas folhas, com média igual a $15,38 \text{ g kg}^{-1}$. Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004), os teores adequados de K para um crescimento normal das plantas variam entre 10 e 30 g kg^{-1} , confirmando que este nutriente não foi limitante para o pinhão-manso. Segundo Boaretto et al. (1999), algumas hortaliças (alface, alho e aipo) têm maiores exigências de K (35 a 80 g kg^{-1} de matéria seca).

Pela equação quadrática plotada na Figura 30A, deduz-se que a menor concentração de K-foliar ocorre com reposição de 102,19% ETc. Lembra-se que o conteúdo de potássio no solo também teve comportamento quadrático (Figura 28), guardando correlação com a parte aérea. Embora com efeito quadrático, verificaram-se decréscimos nas concentrações de K entre Nr1 (25%) e os demais níveis de reposição da ETc da ordem de 25,46%, 41,09%, 46,87%, 42,82%.

Outros autores verificaram concentrações médias de K, superiores à verificada na presente pesquisa ($15,38 \text{ g kg}^{-1}$), como $20,85 \text{ g kg}^{-1}$ e $29,25 \text{ g kg}^{-1}$ em mamoneira (BARROS JÚNIOR, 2007; RODRIGUES, 2008).

De acordo com Ferreira et al. (2004), os sintomas da deficiência de potássio em mamoneira, se estabelecem a partir de 30 dias após a emergência, especialmente em plantas que tiveram suspenso o suprimento desse nutriente. As folhas inferiores começam a aparentar uma clorose internerval verde-amarelo-claro, que evolui para clorose nos lóbulos superiores das folhas; esses sintomas não foram observados nas plantas, reforçando que o potássio não foi fator limitante, devido, em parte, à concentração aportada na água residuária com $26,82 \text{ mg L}^{-1}$.

Lavres Júnior et al. (2005) notaram que o teor de K, à semelhança do P, diminuiu em todas as partes da planta, quando houve a deficiência desse nutriente e, no tratamento completo, houve maior concentração de K no limbo inferior, enquanto no tratamento com deficiência a

maior concentração foi verificada no limbo superior, o que pode ser explicado pela elevada mobilidade do K na planta, quanto à redistribuição (MENGEL & KIRKBY, 2001).

Por meio dos dados da análise de variância, apresentados na Tabela 46, observam-se, pelos contrastes entre os valores médios da concentração de K-foliar nos tratamentos com água residuária, com aqueles do tratamento testemunha, ausência de influências significativas sobre este nutriente. Embora sendo o K o segundo nutriente mais absorvido ($15,38 \text{ g kg}^{-1}$ em média), as plantas 'controle' contiveram, em média, $16,85 \text{ g kg}^{-1}$, com tendência de superar estatisticamente as concentrações médias obtidas nos níveis de 75% ETc, 100% ETc e 125% ETc, cujas respectivas médias foram, $12,56$, $11,33$ e $12,56 \text{ g kg}^{-1}$.

Cálcio (Ca-foliar)

O cálcio se encontra no solo em equilíbrio em três formas permutáveis entre si: Ca fixo, Ca trocável e Ca solúvel. É absorvido pelas plantas como íon Ca^{+2} e o seu teor varia com a espécie, com o órgão da planta e, também, em função das condições de crescimento e, ao contrário do Mg^{+2} , a sua translocação, via floema, é muito reduzida. É importante para a formação da parede celular e estabilização da plasmalena. Os sintomas de deficiência são sempre mais evidentes nos tecidos novos (MARENCO & LOPES, 2007).

A exemplo do P-foliar, houve efeito linear significativo dos níveis de reposição sobre o Ca-foliar (Tabela 45). Em conformidade com a Figura 30A, observaram-se acréscimos nos teores de Ca com o incremento dos níveis de reposição; entre o menor nível de reposição-Nr1 (25% ETc) e os demais níveis, o teor médio da Ca-foliar aumentou em 14,64%, 29,28%, 43,92%, 58,56%. Pelo coeficiente angular da equação, observa-se um incremento de $35,4 \text{ mg kg}^{-1}$ por incremento unitário no nível de reposição da evapotranspiração, bem superior ao incremento unitário observado para P ($5,1 \text{ mg kg}^{-1}$). O Cálcio foi o nutriente mais aportado pelo efluente de esgoto ($56,10 \text{ mg L}^{-1}$) e o terceiro nutriente mais concentrado em folhas, com teor médio de $7,81 \text{ g kg}^{-1}$, superior a P, Mg e S.

Em cultivares de mamoneira, Rodrigues (2008) verificou maiores teores nas folhas ($9,22 \text{ g kg}^{-1}$) que nas raízes ($5,54 \text{ g kg}^{-1}$) e, resultados semelhantes foram, também, registrados por Barros Júnior (2007). Os dois autores verificaram maior concentração de cálcio nos tecidos da cultivar BRS Paraguaçu em relação a BRS Nordestina.

Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004), a planta deficiente possui teor de Ca menor que 4 g kg^{-1} . Ainda, segundo esses autores, as concentrações adequadas para um crescimento normal das plantas variam entre 10 e 50 g kg^{-1} , portanto, o Ca não foi limitante para o pinhão-manso. Para outros autores, em geral, as monocotiledôneas têm teores de

Ca menores (1,0 a 7,0 g kg⁻¹) do que as cotiledôneas, que contêm entre 8,0 e 20,0 g kg⁻¹ (GALLO et al., 1986; MIRANDA & MIRANDA, 2000) ou até 50 g kg⁻¹ (MARSCHNER, 1995).

Mediante observação da Tabela 46, onde estão os resultados para Ca-foliar, nota-se diferença significativa em duas situações de contrastes, 100% ETc (\cong 8,44 g kg⁻¹) *versus* 'controle' e 125% ETc (\cong 10,10 g kg⁻¹) *versus* 'controle', embora haja tendência de significância entre as concentrações médias dos níveis inferiores se comparadas à média controle (\cong 5,88 g kg⁻¹). Ressalta-se que a água residuária aportava 56,10 mg L⁻¹ com teor médio foliar de 7,81 g kg⁻¹ superior a P, Mg e S na marcha de absorção.

Magnésio (Mg-foliar)

À semelhança do Ca, o magnésio encontra-se no solo em equilíbrio em três formas permutáveis entre si: Mg fixo, Mg trocável e Mg solúvel. Em geral, é absorvido em quantidade menor do que Ca ou K (MARSCHNER, 1995).

Muitas enzimas requerem ou são estimuladas pelo Mg⁺², sendo as mais conhecidas: fosfatases, ATPases, carboxilases, cinases, enolase e polimerases. A importância do Mg é comumente associada ao seu papel na estrutura da clorofila. Uma pequena parte (5 a 10%) acompanha o Ca na formação da lamela média da parede celular (MARSCHNER, 1995).

De acordo com o resumo da Tabela 45, não houve efeito significativo dos níveis de reposição da água residuária sobre o teor de Mg-foliar. Pela Figura 30B, percebe-se uma certa tendência de ocorrer maiores concentrações de Mg nos tratamentos com maiores níveis de reposição da ETc. Sousa et al. (2009a), observaram, porém, que a deficiência hídrica favorece a concentração de Mg nas folhas da planta.

O Mg é facilmente translocável dos tecidos velhos para os mais novos e em crescimento ativo, sendo responsável pela manutenção do pH e balanço de cargas no estroma dos cloroplastos e no citosol, além de sua função na síntese de proteínas. Reduções significativas nos teores de Mg podem causar o mau funcionamento dos cloroplastos influenciando diretamente na fotossíntese e no desenvolvimento vegetal.

A concentração média de magnésio nos tecidos foliares do pinhão-mansão foi 3,71 g kg⁻¹, superior somente ao enxofre (0,65 g kg⁻¹), contudo, dentro da faixa ideal (3 e 5 g kg⁻¹) reportada por Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004). Para esses autores, as plantas deficientes possuem teores foliares menores que 3,00 g kg⁻¹. Portanto, o Mg também não foi limitante, podendo-se atribuir, em parte, aos 39,04 mg L⁻¹ contidos na água de irrigação.

Rodrigues (2008) registrou concentração média de magnésio de 2,08 g kg⁻¹ e 5,84 g kg⁻¹ nos tecidos radiculares e foliares da mamoneira, respectivamente. Por outro lado, Barros Júnior (2007) verificou teores médios de 2,38 e 3,63 g kg⁻¹ em raízes e folhas das mesmas cultivares de mamoneira.

Lavres Júnior et al. (2005) observaram que os teores de Mg nas plantas do tratamento 'com deficiência' foram inferiores aos do tratamento 'completo'; porém nas plantas com deficiência de Mg houve maior concentração deste nutriente no caule e nas raízes, diferindo significativamente das demais partes, enquanto, em boas condições de nutrição (tratamento completo) o teor de magnésio não diferiu significativamente entre as diferentes partes da planta, raízes (6,60 g kg⁻¹) e limbo superior (6,70 g kg⁻¹).

As plantas irrigadas com água de abastecimento sem restrição hídrica ('controle'), tiveram concentração de Mg-foliar (\cong 4,88 g kg⁻¹), significativamente maior, quando contrastadas com plantas irrigadas com água residuária, nos níveis de reposição \leq 100% ETC (Tabela 46). Salienta-se que a concentração média de Mg-foliar (3,71 g kg⁻¹) superou somente a de enxofre (0,65 g kg⁻¹), embora a água residuária contivesse 39,04 mg L⁻¹, maior que o próprio N (31,50 mg L⁻¹).

Enxofre (S-foliar)

No solo, o enxofre é encontrado nas formas orgânica e inorgânica. É absorvido pelas raízes em forma altamente oxidada (SO₄⁻²), mas é utilizado em forma reduzida (-SH ou S-S) e metabolizado pela raiz. Pode, também, ser absorvido pelas folhas na forma de dióxido de enxofre (SO₂) (MARENCO & LOPES, 2007) e, segundo Droux (2004), a maior parte do S da planta está nas proteínas, formando parte dos aminoácidos cisteína e metionina.

Não houve efeito dos tratamentos (Tabela 45) sobre o S-foliar, isto é, o manejo das irrigações com água residuária não influenciou na concentração de enxofre nas folhas de pinhão-manso. Dentre os macronutrientes, o S foi acumulado em menor concentração (0,65 g kg⁻¹).

Segundo Dechen & Nachtigall (2007), os teores adequados de S nas plantas variam entre 1 e 10 g kg⁻¹ de matéria seca, considerando-se teores entre 3 e 5 g kg⁻¹ como adequados para um crescimento normal das plantas. Ao contrário dos nutrientes, discutidos anteriormente, o teor médio de S (0,65 g kg⁻¹) está abaixo da faixa adequada, podendo ser um fator limitante, embora a água residuária contivesse 34,97 mg L⁻¹ de sulfato. Utilizando água residuária, da mesma fonte, Rodrigues (2008) registrou teor médio de 6,96 g kg⁻¹ de S, em mamoneira, bem superior ao registrado nessa pesquisa com pinhão-manso. As diferenças podem ser atribuídas a

vários fatores, mas essencialmente, à espécie, embora ambas pertençam à família *Euphorbiaceae*.

Mesmo sem efeito significativo dos tratamentos sobre a concentração de S (Tabela 46), constatou-se contraste significativo entre o nível de reposição 75% ETc ($\cong 0,52 \text{ g kg}^{-1}$) versus 'controle' ($\cong 0,87 \text{ g kg}^{-1}$), sendo este significativamente maior. De modo geral, infere-se que a aplicação de água residuária nas condições desta pesquisa não influenciou na concentração de S-foliar. Este nutriente foi armazenado em menor teor ($0,65 \text{ g kg}^{-1}$, em média) em folhas, embora a concentração de SO_4^{2-} na água residuária fosse $34,97 \text{ mg L}^{-1}$, maior que a concentração de N, por exemplo.

Tabela 45 - Resumo das análises de regressão dos macronutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg, S) do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		N-foliar	P-foliar	K-foliar	Ca-foliar	Mg-foliar	S-foliar
Nível de Repos. (Nr)	4	6,4739 ^{ns}	0,2057 ^{ns}	88,2367 ^{**}	9,1688 [*]	0,4989 ^{ns}	0,0243 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,0126 ^{ns}	0,6503 [*]	77,4656 [*]	31,2936 ^{**}	1,6933 ^{ns}	0,0031 ^{ns}
Reg. Quad.	1	24,1434 ^{**}	0,0109 ^{ns}	266,9922 ^{**}	4,5031 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0220 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,9394 ^{ns}	0,0276 ^{ns}	5,4022 ^{ns}	0,3822 ^{ns}	0,1166 ^{ns}	0,0181 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,8004 ^{ns}	0,1342 ^{ns}	3,0870 ^{ns}	0,4964 ^{ns}	0,1851 ^{ns}	0,0540 ^{ns}
Blocos	3	3,2486 ^{ns}	0,1776 ^{ns}	12,0050 ^{ns}	1,4024 ^{ns}	0,1660 ^{ns}	0,0658 ^{ns}
Resíduo	26	2,0460	0,1152	13,0054	2,3660	0,4366	0,0359
CV(%)		4,77	8,47	23,45	19,68	17,81	29,35
Médias (g kg^{-1})		30,0115	4,0085	15,3800	7,8145	3,7100	0,6455

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 26 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)

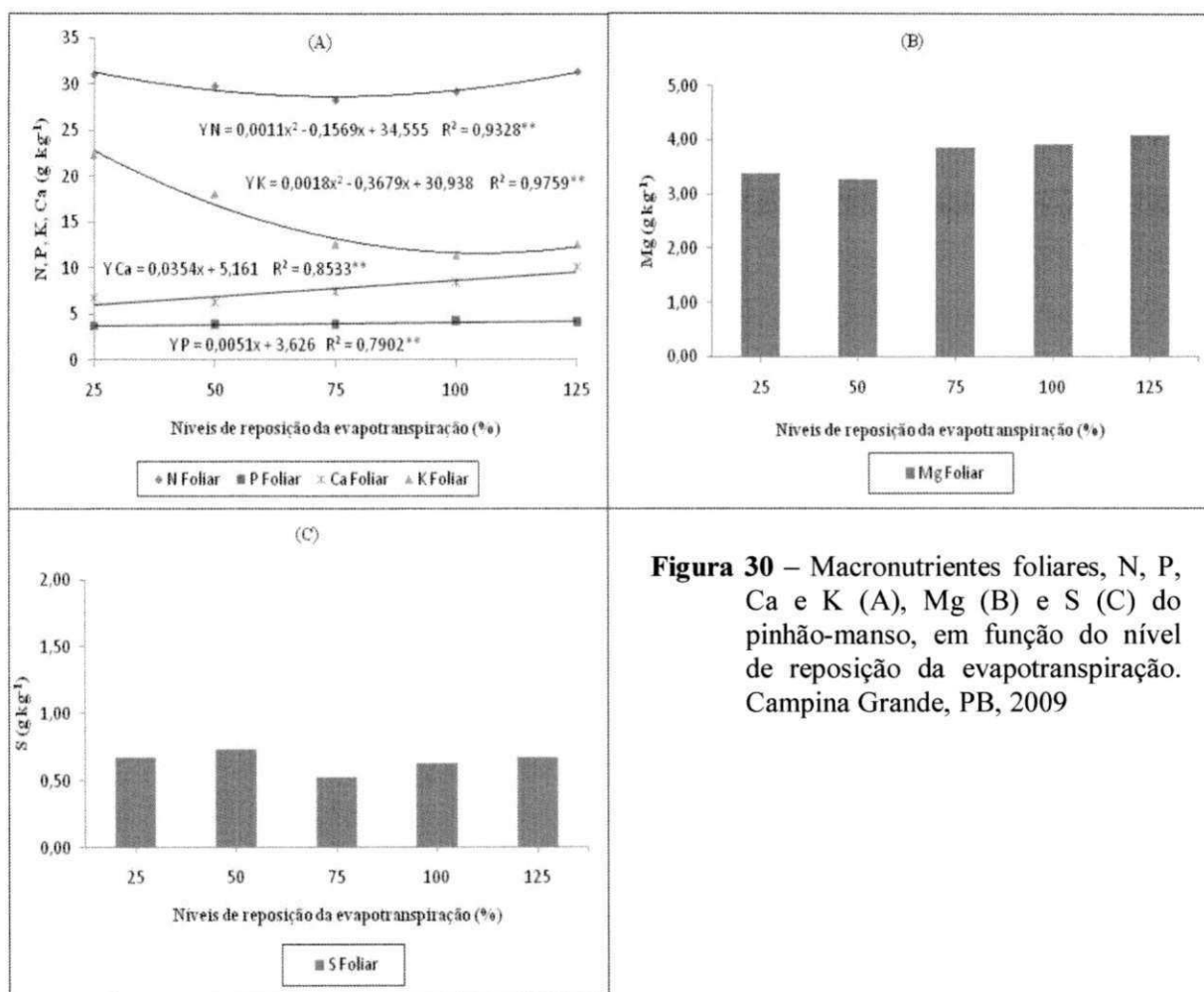


Figura 30 – Macronutrientes foliares, N, P, Ca e K (A), Mg (B) e S (C) do pinhão-mansão, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 46 - Resumo das análises de variância e médias dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) no tecidos foliares do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		N-foliar	P-foliar	K-foliar	Ca-foliar	Mg-foliar	S-foliar
Tratamentos	5	61,59**	2,25**	72,03**	9,84**	1,31*	0,05 ^{ns}
Blocos	3	6,78 ^{ns}	0,27 ^{ns}	24,67 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	15	2,97	0,12	13,47	1,90	0,37	0,04
1-N ₂₅ vs Ct.	1	210,84**	4,45**	60,77 ^{ns}	1,53 ^{ns}	4,47**	0,08 ^{ns}
2-N ₅₀ vs Ct.	1	163,53**	5,73**	33,00 ^{ns}	0,33 ^{ns}	5,05**	0,04 ^{ns}
3-N ₇₅ vs Ct.	1	114,38**	5,56**	36,76 ^{ns}	5,26 ^{ns}	2,09*	0,24*
4-N ₁₀₀ vs Ct.	1	143,31**	8,42**	30,77 ^{ns}	13,16*	1,85*	0,11 ^{ns}
5-N ₁₂₅ vs Ct.	1	226,63**	7,60**	36,75 ^{ns}	35,57**	1,22 ^{ns}	0,07 ^{ns}
CV(%)		6,06	9,43	23,49	18,39	15,55	30,37
Tratamentos		Médias (g kg⁻¹)					
1-N ₂₅		31,0825	3,7300	22,3625	6,7525	3,3850	0,6675
2-N ₅₀		29,8575	3,9300	18,0750	6,2825	3,2900	0,7325
3-N ₇₅		28,3775	3,9050	12,5625	7,5000	3,8575	0,5225
4-N ₁₀₀		29,2800	4,2900	11,3375	8,4425	3,9175	0,6300
5-N ₁₂₅		31,4600	4,1875	12,5625	10,0950	4,1000	0,6750
Controle		20,8159	2,2373	16,8467	5,8750	4,8781	0,8682

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.6 – Teores de micronutrientes e sódio em tecidos foliares

Houve efeitos significativos dos níveis de reposição da evapotranspiração sobre os teores de Zn, Cu e Mn, pelo teste F - (Tabela 47). Com base nas médias, a ordem de concentração nas folhas foi Na>Fe>Mn>Zn>Cl>Cu (11,160>163,65>39,93>14,13>13,20>3,54 mg kg⁻¹). Estes resultados chamam a atenção para a elevada concentração de sódio nas folhas da planta. Salienta-se ter sido o sódio o elemento com maior concentração na água de irrigação, 141,80 mg L⁻¹, em média (cerca de 6,17 mmol_c L⁻¹), com RAS de 3,55 (mmol_c L⁻¹)^{1/2}, de risco moderado.

Sousa et al. (2009a) observaram, exatamente, a mesma sequência, Na > Fe > Mn > Zn > Cl > Cu, aumentando zinco e cobre com o incremento do índice de reposição de água.

Repetindo-se o que foi registrado, em relação aos macronutrientes, dada a carência de informações na literatura, sobre extração de nutrientes pela planta de pinhão-mansão, os resultados serão discutidos e relacionados com os obtidos em outras espécies, principalmente em pesquisa com a mamoneira, pela aproximação taxonômica.

Segundo Lange et al. (2005), tanto as folhas superiores como as inferiores refletem o estado nutricional da mamoneira em relação aos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn; ainda de acordo com os autores, os sintomas se desenvolvem primeiro em plantas deficientes em Fe ou Mn, seguidas das deficientes em B.

Cloro (Cl-foliar)

O cloro na solução do solo se encontra como íon cloreto (Cl⁻), sendo seu movimento determinado pelo fluxo de água. Na planta o íon é transportado das raízes para a parte aérea pelo xilema. No vacúolo, a concentração de Cl é duas ou três vezes maior que o seu teor no citoplasma, lembrando que alguns íons, como NO₃⁻ e SO₄⁻², competem com a absorção de Cl⁻. É um micronutriente atípico, pois, com frequência se encontra nos tecidos em concentrações que podem chegar a 20 g kg⁻¹ de matéria seca, típica de macronutrientes (MARSCHNER, 1995).

Os dados referentes à concentração de cloro foliar não se ajustaram a nenhum modelo de regressão polinomial, dada a ausência de efeitos significativos dos níveis de reposição (Tabela 47, Figura 31A). O teor médio de Cl nas folhas correspondeu a 13,20 mg kg⁻¹, maior que o teor de cobre (média de 3,54 mg kg⁻¹), o menos concentrado.

Os teores de Cl nas plantas variam de 70 a 1.000 mg kg⁻¹ (FURLANI, 2004) e segundo Dechen & Nachtigall (2007), as plantas deficientes contêm teores foliares menores que 2,00 mg kg⁻¹, denotando que os teores de Cl obtidos nesta pesquisa, não foram limitantes para o pinhão-manso, nem por deficiência e nem por excesso.

Barros Júnior (2007) encontrou efeito quadrático, como resposta aos níveis crescentes de água disponível e médias de 11,76 e 7,95 mg kg⁻¹ em folhas e em raízes, respectivamente (inferiores às registradas nesta pesquisa), sem, no entanto, verificar diferença significativa entre as cultivares testadas; os maiores teores registrados na presente pesquisa se devem à água residuária.

De acordo com os dados contidos na Tabela 10, o cloro foi o micronutriente mais aportado pela água de irrigação com 197,28 mg L⁻¹ (cerca de 5,56 mmolc L⁻¹), de risco moderado (AYERS & WESTCOT, 1999).

Nos contrastes dos níveis de reposição *versus* 'controle' (Tabela 48) constata-se diferença significativa (P<0,01) entre as médias dos tratamentos com água residuária, resultando em Cl-foliar variando entre 11,16 e 14,45 mg kg⁻¹, significativamente inferiores à média do íon nas plantas do 'controle' (36,21 mg kg⁻¹). As plantas da testemunha tiveram concentrações de cloro significativamente superiores, embora a concentração de cloretos na água residuária (197,28 mg L⁻¹ - cerca de 5,56 mmolc L⁻¹) tenha sido maior entre os micronutrientes.

Ferro (Fe-foliar)

Em solos alagados, o Fe⁺³ é reduzido Fe⁺², cuja absorção elevada pode causar efeitos tóxicos nas plantas (p. ex. arroz alagado). O contrário ocorre em solos calcários onde os sintomas de deficiência de Fe acontecem com frequência, não tanto pela escassez desse elemento, mas

pelos altos teores de CaCO_3 e pelo alto pH do solo. Na planta, o alto nível de HCO_3^- , provavelmente, afeta a absorção e translocação do Fe (MENGEL & KIRKBY, 2001).

O ferro é essencial, porque forma parte das enzimas, como catalase, peroxidase, citocromo oxidase e xantina oxidase, além disso, o Fe é parte da ferredoxina (F_d) e da leg-hemoglobina, proteína que regula a entrada de O_2 para as bactérias fixadoras de N_2 .

Como ocorrido para o Cl-foliar, não houve, também, efeito significativo para o Fe-foliar (Tabela 47), sendo o micronutriente mais concentrado, depois de sódio, com média de $163,65 \text{ mg kg}^{-1}$. Na Figura 31B fica evidente a ausência de efeito significativo para a concentração de ferro, em função dos tratamentos.

Deve-se considerar que o conteúdo de Fe era relativamente baixo na água de irrigação ($2,45 \text{ mg L}^{-1}$, Tabela 10) quando comparado com o limite permitido ($5,00 \text{ mg L}^{-1}$), relatado por Metcalf & Eddy (1991). Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004), as plantas deficientes em Fe possuem teores foliares menores que 10 mg kg^{-1} , enquanto acima de 80 mg kg^{-1} , podem-se observar sintomas de toxidez. Para Boaretto et al. (1999), o nível adequado nas folhas está na faixa de 100 a 400 mg kg^{-1} . Por outro lado, Dechen & Nachtgall (2007) afirmam que os teores de ferro nas plantas variam de 10 a 1.500 mg kg^{-1} , dependendo da parte da planta. Nesse caso, o teor de Fe-foliar está dentro da normalidade. Não se observou clorose nas plantas, sintoma visual de deficiência de ferro de acordo com os pesquisadores Malavolta, Vitti & Oliveira (1997).

Paulo et al. (1989), em estudos de nutrição da mamoneira, observaram teores de Fe nas folhas, na ordem de 67 mg kg^{-1} , em plantas sem deficiência, muito inferiores aos registrados em pinhão-mansão, nesta pesquisa. Porém outros autores têm registrado valores médios superiores ao valor médio reportado neste trabalho com pinhão-mansão.

Barros Júnior (2007) registrou valores médio de $181,70$ e $184,58 \text{ mg kg}^{-1}$ nas folhas das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu de mamona, respectivamente. Rodrigues (2008), em pesquisa com água residuária, estimou 313 mg kg^{-1} de Fe no limbo foliar das mesmas cultivares.

No resumo das análises de variâncias, apresentado na Tabela 48, observam-se, pelos contrastes dos tratamentos entre água residuária com aqueles do tratamento testemunha ($181,12 \text{ mg kg}^{-1}$), ausência de influências significativas sobre este nutriente.

Zinco (Zn-foliar)

O Zn além da sua essencialidade em plantas, é fundamental na nutrição humana, e sua deficiência em plantas cultivadas (p. ex. centeio, aveia, cevada, arroz e trigo) é considerada

um problema nutricional mundial. Por essa razão, diferentes propostas têm sido feitas para aumentar a concentração deste nutriente em plantas destinadas ao consumo humano (RENGEL, BATTEN & CROWLEY, 1999), incluindo a seleção de cultivares eficientes no uso e acúmulo de Zn (FAGERIA, 2001).

Pelos dados apresentados na Tabela 47, de início não se nota efeito significativo dos níveis de reposição da evapotranspiração sobre o teor de zinco nas folhas, entretanto com a decomposição dos graus de liberdade, resultou em efeito quadrático ($P < 0,05$).

O teor médio de Zn nas folhas correspondeu a $14,13 \text{ mg kg}^{-1}$, um pouco acima do Cl-foliar ($13,20 \text{ mg kg}^{-1}$). Esse valor médio se deve, em parte, à água de esgoto, embora contendo baixas concentrações, apenas $0,013 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela 10), bem abaixo do limite máximo aceitável, $2,00 \text{ mg L}^{-1}$, indicado por Metcalf & Eddy (1991).

Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004), as plantas deficientes em Zn possuem teores foliares inferiores a 25 mg kg^{-1} . Para Marschner (1995), os níveis críticos de deficiência de Zn estão na faixa de 15 a 20 mg kg^{-1} , enquanto as concentrações consideradas tóxicas variam de 100 a 400 mg kg^{-1} . Nesse caso, deduz-se que houve carência desse nutriente nas folhas do pinhão-manso. Rodrigues (2008), em mamoneira irrigada com água residuária, observou concentração média de zinco foliar igual a $15,75 \text{ mg kg}^{-1}$, pouco maior que a média observada na presente pesquisa.

A concentração de Zn varia de 14 mg kg^{-1} , em mamoneiras desenvolvidas em solo de baixa fertilidade (HOCKING, 1982), a 43 mg kg^{-1} , quando em solo fértil (SOUZA & NATALE, 1997).

De acordo com a equação matemática (Figura 31C), a menor concentração de Zn-foliar ($11,32 \text{ g kg}^{-1}$) foi verificada com nível de reposição de 64,36% ETc. Barros Júnior (2007) e Rodrigues (2008), verificaram incremento na concentração de Zn foliar na medida em que se tinha maior disponibilidade de água no solo.

Gusmão et al. (2007), em pesquisa com pinhão-manso sob diagnose por subtração, observaram que as plantas não foram afetadas pela ausência dos micronutrientes, exceto pelo zinco que causou redução nos internódios e maior número de folhas. Em trabalho semelhante, Andrade et al. (2007) também observaram que a omissão de zinco e cobre não provocou sintomas de deficiência em plantas de pinhão-manso.

Com referência aos contrastes (Zn-foliar vs 'controle') nota-se, pela Tabela 48, ter havido efeito significativo somente no contraste 125% ETc *versus* 'controle', sendo a média deste ($8,66 \text{ mg kg}^{-1}$) significativamente inferior, com tendência também de ser, estatisticamente,

inferior aos demais tratamentos com água residuária. Convém realçar que a água residuária continha baixos teores de Zn (apenas 0,013 mg L⁻¹).

Chaves et al. (2009a) verificaram que o acúmulo de zinco em plantas de pinhão-manso obedeceu à seguinte ordem: caule > folha > raiz e que níveis de zinco no solo até 150 mg dm⁻³ influenciaram o teor do elemento nas diversas partes da planta.

Cobre (Cu-foliar)

Segundo Kabata-Pendias & Pendias (1984), o cobre não é prontamente móvel na planta sendo sua mobilidade limitada e, particularmente, dependente do estado nutricional em termos de cobre e de nitrogênio. É absorvido como cátion bivalente (Cu⁺²), está presente em várias enzimas, como: citocromo oxidase que atua na cadeia respiratória; superóxido dismutase que atua na destoxificação de radicais superóxidos; ascorbato oxidase; fenol oxidases e diamina (MARSCHNER, 1995).

Em referência aos teores de cobre nas folhas, os níveis de reposição da evapotranspiração foram significativos (Tabela 47). Fazendo uso da equação linear contida na Figura 31D (significativa a 1%) estimaram-se acréscimos lineares de Cu entre Nr1 (25%) e os demais níveis de reposição, da ordem de 14,60%, 29,20%, 43,80% e 58,40%.

Rodrigues (2008), trabalhando com mamoneira em condições similares de uso de água residuária, obteve teor médio de 3,86 mg kg⁻¹, semelhante ao verificado nesta pesquisa – 3,54 mg kg⁻¹. O autor também verificou efeito linear crescente, mas com maior incremento - 64,59 % entre as plantas de mamoneira mantidas com o mais baixo nível de água (60% ETc) e aquelas com o mais elevado (120% ETc).

Lange et al. (2005) citam que os teores nas folhas de mamoneira (cultivar 'Iris') variaram de 4,0 mg kg⁻¹ em folhas inferiores a 6,0 mg kg⁻¹ em folhas superiores, em plantas sem deficiência, denotando-se ter sido inferior o teor médio nas folhas de pinhão-manso (3,54 mg kg⁻¹), verificado nesta pesquisa. Paulo et al. (1989), em mamoneira, observaram maior concentração de cobre nas folhas, 7,80 mg kg⁻¹.

Também, segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004), as plantas deficientes em Cu possuem teores foliares menores que 4 mg kg⁻¹, enquanto que acima de 20 mg kg⁻¹, podem-se observar sintomas de toxidez.

Com este micronutriente, observou-se efeito semelhante ao observado com Zn, havendo diferença significativa no contraste 125% ETc vs 'controle' (Tabela 48). Da mesma forma, a diferença só foi observada no contraste 125% ETc (4,68 mg kg⁻¹) *versus* 'controle'

(3,20 mg kg⁻¹). Praticamente, não houve aporte desse micronutriente na água residuária, pois continha valores irrisórios de cobre (0,005 mg L⁻¹, em média).

Chaves et al. (2009b) observaram que níveis de cobre no solo até 100 mg dm⁻³ influenciaram o teor do elemento nas diversas partes da planta de pinhão-mansão, sendo a seguinte ordem de acumulação: folha>raiz>caule.

Manganês (Mn-foliar)

Em sistemas biológicos, o Mn pode estar em três estados de oxidação (Mn⁺², Mn⁺³, Mn⁺⁴), sendo absorvido como Mn⁺² e transportado pelo xilema até a parte aérea; compete e reduz a absorção de outros, particularmente de Ca⁺², Mg⁺², Fe⁺² e, em menor grau, a de K⁺. conseqüentemente, a deficiência de Ca é um dos efeitos da toxidez de Mn, que podem ser reduzidos mediante a calagem que diminui a disponibilidade desse elemento (MARENCO & LOPES, 2007).

Conforme os resultados obtidos na análise do teor de Mn-foliar (Tabela 47), houve efeito linear significativo (P<0,01) dos níveis de reposição de água, com ocorrência de redução da concentração de Mn à medida que se aplicaram maiores lâminas de irrigação. Em relação a Nr₁ (25% ETc), os teores de Mn foram reduzidos em 10,25%, 20,50%, 30,75%, 41,00% sob 50%, 75%, 100% e 125% ETc, respectivamente. Sousa et al. (2009a), em condições similares, também verificaram decréscimo linear de Mn nas folhas de pinhão-mansão.

Embora a água residuária tenha contribuído com apenas 0,10 mg L⁻¹ de manganês (bem inferior ao limite de fitotoxidez, 0,20 mg L⁻¹), a concentração média foliar foi 39,93 mg kg⁻¹, maior que as concentrações de zinco (14,13 mg kg⁻¹), cloro (13,20 mg kg⁻¹) e cobre (3,54 mg kg⁻¹). Dechen & Nachtgall (2007) e Marschner (1995) consideram teores entre 20 e 500 mg kg⁻¹, como obtidos nessa pesquisa, adequados para o crescimento normal das plantas. Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997) e Furlani (2004), em muitas plantas, as folhas com sintomas de deficiência possuem teores foliares menores que 20 mg kg⁻¹, enquanto teores acima de 700 mg kg⁻¹, são considerados tóxicos. Portanto, os resultados que configuram nessa pesquisa, estão dentro dos padrões desejados.

Em plantas de mamoneira, sob condições similares, Rodrigues (2008) observou valores superiores de manganês, em relação aos obtidos nesta pesquisa, com médias de 80,86 mg kg⁻¹ no sistema radicular e, 91,11 mg kg⁻¹ em folhas; Barros Júnior (2007), em mamoneira irrigada com água de boa qualidade (água de abastecimento público), obteve teores ainda mais elevados: o autor registrou para Mn-foliar, por razões desconhecidas, valores médios acima de 4.000 mg kg⁻¹ enquanto nas raízes os teores variaram entre 100 e 200 mg kg⁻¹.

Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997), a omissão de Mn pode aumentar a absorção de Fe o que, no entanto, não foi observado visto que tais micronutrientes foram os mais concentrados nos tecidos das plantas, cujas médias, já reportadas, foram $39,93 \text{ mg kg}^{-1}$ e $163,65 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente.

Analisando-se a Tabela 48, verifica-se também, apenas um contraste significativo (25% ETc *versus* tratamento testemunha), envolvendo manganês. As plantas irrigadas sob maior restrição hídrica tiveram média ($56,05 \text{ mg kg}^{-1}$) significativamente maior que as plantas 'controle' ($33,65 \text{ mg kg}^{-1}$). Recordar-se que a água residuária aportou apenas $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ de manganês.

Sódio (Na-foliar)

Segundo Furlani (2004), o sódio ao lado dos elementos Si, Se e Co são classificados como elementos benéficos, dependendo da espécie e das condições ecológicas. Segundo Novais et al. (2007), o Na é requerido para o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC) e pela maioria das espécies que utilizam a via metabólica C4. Espécies C3 se beneficiam também de concentrações baixas de Na que estimula o crescimento por meio do alongamento celular e pode substituir o K como um soluto osmoticamente ativo. Quanto à tolerância a este elemento, as plantas se dividem em natrofilicas e natrofóbicas (FURLANI, 2004). Pelos resultados, o pinhão-manso pode ser considerada uma planta natrofilica.

O resumo da análise estatística para o Na nas folhas de pinhão-manso está apresentado na Tabela 47, em que se verifica ausência de efeitos dos tratamentos impostos (níveis de reposição da evapotranspiração). A Figura 31F ilustra bem a resposta das plantas aos níveis crescentes de reposição. Sousa et al. (2009a), utilizando a mesma água de irrigação, durante o terceiro ciclo de produção de pinhão-manso, verificaram decréscimos lineares de Na em folhas com o incremento das reposições hídricas.

Os elevados valores de Na-foliar ($11.160 \text{ mg Kg}^{-1}$) são atribuídos ao sódio aportado na água de irrigação, $141,80 \text{ mg L}^{-1}$ em média (cerca de $6,17 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), com RAS de $3,55 \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$, de risco moderado. Segundo Feigin, Ravina & Shalhevet (1991), a concentração de sódio na água de irrigação está dentro da faixa normalmente encontrada nos efluentes de esgoto ($50 \text{ a } 250 \text{ mg L}^{-1}$). Os autores chamam a atenção para o grande impacto nas propriedades do solo e rendimento das culturas, bem como, para a importância em se determinar os níveis de Na^+ na água de irrigação.

Utilizando da mesma fonte de água residuária na irrigação da mamoneira, Rodrigues (2008) registrou médias de $7,45 \text{ mg kg}^{-1}$ e $2,25 \text{ mg kg}^{-1}$ em raízes e folhas, respectivamente. Para

o autor, é provável que a planta da mamoneira tenha capacidade seletiva, excluindo o íon Na^+ , diferindo do pinhão-mansão, pelos resultados obtidos nesta pesquisa.

Para o Na em folhas, verificaram-se ausência de efeitos significativos dos contrastes entre os níveis de reposição da ETc e o tratamento controle (Tabela 48).

Foram evidenciados elevados valores de Na-foliar ($11.160 \text{ mg Kg}^{-1}$, em média) nas plantas irrigadas com água residuária, atribuídos ao sódio aportado na água de irrigação, $141,80 \text{ mg L}^{-1}$ em média.

Tabela 47 - Resumo das análises de regressão dos micronutrientes (Cl, Fe, Zn, Cu, Mn) e sódio (Na) no tecidos foliares do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		Cl	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Nível de Repos. (Nr)	4	9,7370 ^{ns}	886,5437 ^{ns}	41,3142 ^{ns}	2,2357*	357,8911*	9626897,6587 ^{ns}
Reg. Linear	1	31,2759 ^{ns}	2340,9000 ^{ns}	45,6891 ^{ns}	6,4000**	1061,4151**	15110494,1626 ^{ns}
Reg. Quad.	1	3,5653 ^{ns}	19,4464 ^{ns}	103,2786*	1,7150 ^{ns}	233,9072 ^{ns}	1313392,9603 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,5856 ^{ns}	931,2250 ^{ns}	9,0250 ^{ns}	0,0562 ^{ns}	57,9606 ^{ns}	4707194,8810 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	3,5213 ^{ns}	254,6036 ^{ns}	7,2643 ^{ns}	0,7717 ^{ns}	78,2814 ^{ns}	17376508,6309 ^{ns}
Blocos	3	19,4245 ^{ns}	1570,4167 ^{ns}	7,9068 ^{ns}	0,4283 ^{ns}	170,1398 ^{ns}	11920553,3535 ^{ns}
Resíduo	26	8,1787	2016,5937	17,8728	0,5783	94,1045	4974164,633638
CV(%)		21,67	27,44	29,91	21,48	24,30	19,98
Médias (mg kg⁻¹)		13,1975	163,6500	14,1325	3,5400	39,9275	11159,9990

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 26 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)



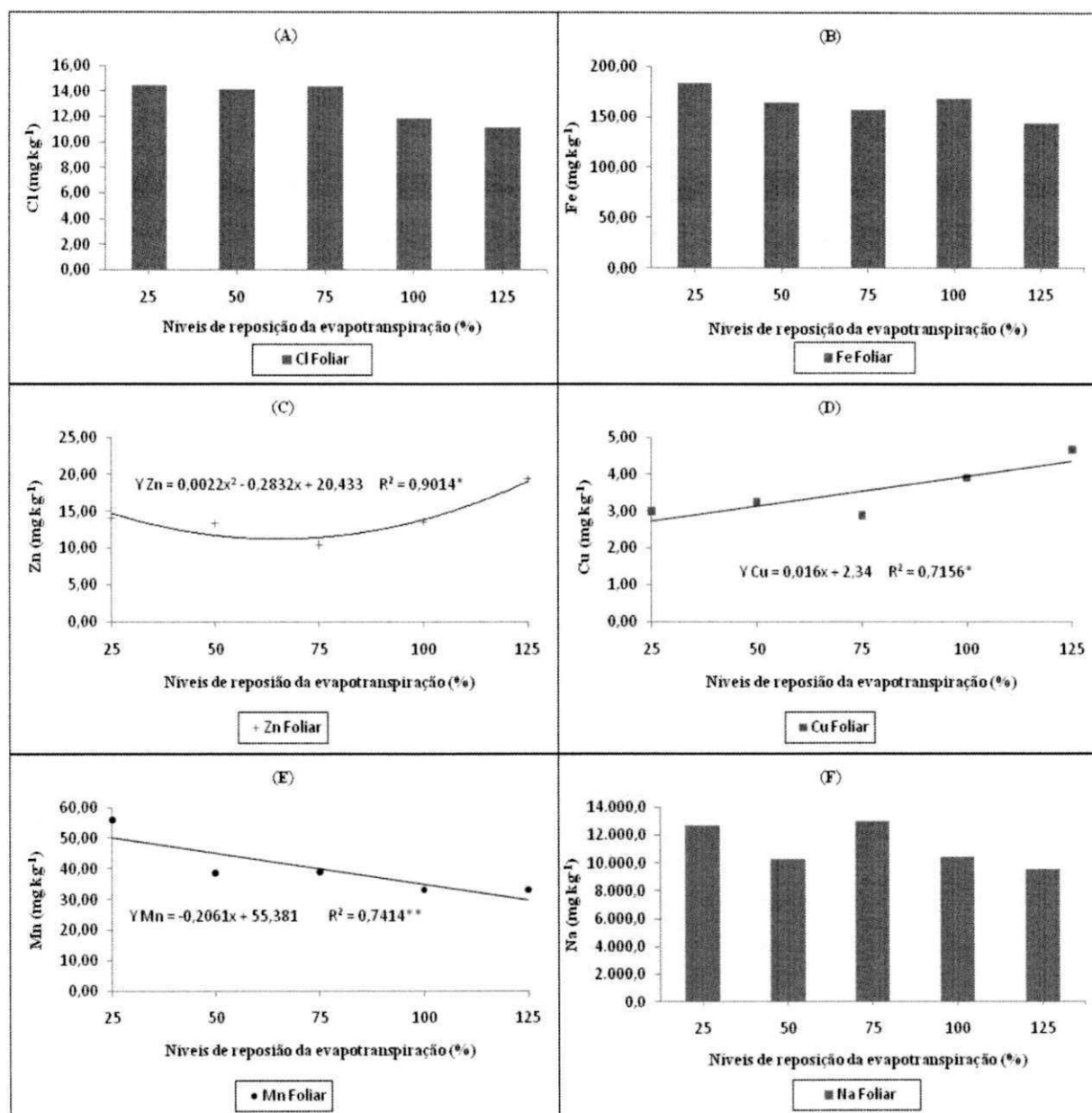


Figura 31 – Micronutrientes foliares, Cl (A), Fe (B), Zn (C), Cu (D), Mn (E) e Na (F) do pinhão-mansô, em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 48 - Resumo das análises de variância e médias dos micronutrientes (Cl, Fe, Zn, Cu, Mn) e sódio (Na) nos tecidos foliares do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		Cl	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Tratamentos	5	360,92**	912.82 ^{ns}	52,9987*	1.8657 ^{ns}	312,5842*	7965208.7696 ^{ns}
Blocos	3	15.37 ^{ns}	1733.37 ^{ns}	7,1460 ^{ns}	0.3703 ^{ns}	139,0879 ^{ns}	10551256.8267 ^{ns}
Resíduo	15	7.44	2163.73	14.8236	0.6933	86.5503	4383947.1879
1-N ₂₅ vs Ct.	1	946,99**	16.53 ^{ns}	58.5903 ^{ns}	0,0800 ^{ns}	1003,5200**	9193772.1624 ^{ns}
2-N ₅₀ vs Ct.	1	975,49**	528.12 ^{ns}	43.0128 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	47.2878 ^{ns}	163443.3138163
3-N ₇₅ vs Ct.	1	953,75**	1188.28 ^{ns}	6,3903 ^{ns}	0.2112 ^{ns}	57.5128 ^{ns}	11808876.6190 ^{ns}
4-N ₁₀₀ vs Ct.	1	1184,63**	300.12 ^{ns}	47.5312 ^{ns}	0.9800 ^{ns}	0.7812 ^{ns}	40862.2578 ^{ns}
5-N ₁₂₅ vs Ct.	1	1255,51**	2793.78 ^{ns}	226,3128**	4,3512*	0.7503 ^{ns}	2002200.6050 ^{ns}
CV(%)		16.01	27.93	29.12	23.90	23.93	18.94
Tratamentos		Médias (mg kg⁻¹)					
1-N ₂₅		14,4547	184.0000	14.0750	3.0000	56,0500	12675.1166
2-N ₅₀		14,1268	164.8750	13.3000	3,2500	38,5125	10245.2122
3-N ₇₅		14,3750	156.7500	10.4500	2,8750	39,0125	12960,9877
4-N ₁₀₀		11,8758	168.8750	13.5375	3,9000	33,0250	10388,1478
5-N ₁₂₅		11,1579	143.7500	19,3000	4,6750	33,0375	9530,5345
Controle		36.2122	181.1250	8.6625	3,2000	33,6500	10531,0833

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.7 – Teor de óleo nas sementes

Segundo Carnielli (2003) o pinhão-mansão é uma oleaginosa viável para obtenção de biodiesel, produzindo, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que se pode estender por mais de 40 anos. O óleo produzido pelo pinhão-mansão possui todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel.

A Tabela 49 contém o resumo da análise de variância do teor de óleo nas sementes, verifica-se ter ocorrido efeito altamente significativo ($P < 0,01$).

A resposta do pinhão-mansão aos tratamentos com água residuária está ilustrada na Figura 32, onde se constata, pelo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,93$), alto grau de associação entre o nível de reposição de água e o teor de óleo nas sementes. A partir da equação linear, os acréscimos calculados no teor de óleo entre Nr₁ (25% ETc) e os sucessivos níveis de reposição foram 11,94, 23,88, 35,82 e 47,76%. Para cada aumento de 1% na reposição hídrica, o teor de óleo aumenta, em termos absolutos, 0,121%. O teor médio de óleo nas plantas tratadas com 25% ETc (25,22 % de óleo) corresponde apenas a 69,6% do teor médio obtido nas plantas irrigadas com 125% ETc (36,24% de óleo). No primeiro ciclo das mesmas plantas, Silva (2009) também observou resposta linear crescente.

O alto teor de óleo das sementes de pinhão-mansão, entre 35 e 38%, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, fez dele um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical. Resultados com o óleo extraído do pinhão-mansão, comparando-o com o

diesel: o óleo tem 83,9% do poder calorífico do óleo diesel em um motor diesel, para gerar a mesma potência, ruído mais suave e poluição bem menor (ADAM, 1974; STIRPE, 1976; MAKKAR et al., 1997).

Silva (2009) verificou tendências de aumento no teor de óleo das sementes em função do tempo e do tratamento; essa resposta das plantas, possivelmente, está relacionada a mudanças climáticas e ao aumento da fertilidade do solo no decorrer do tempo. A autora registrou aos 249 dias após o transplante - DAT, teores médios de óleo de 32,33 e 40,52% para os tratamentos com 25% e 125% da ETc. e aos 396 DAT os valores aumentaram para 35,92 e 41,95%.

Na corrente pesquisa (2º ciclo, introduzindo o fator poda), o teor médio de óleo nas sementes foi 31,36%, (variou entre 25,22% sob 25% ETc e 36,24% sob 125% ETc), abaixo do reportado na literatura 35 a 38% (ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997) e ao relatado por Silva (2009) no primeiro ciclo. Entretanto, sob os níveis de 100 e 125%, os teores de óleo chegaram a atingir a média reportada na literatura. Souza et al. (2010) constataram que a irrigação com esgoto doméstico tratado contribuiu para o aumento da produtividade da mamona, porém, o teor de óleo foi maior nos tratamentos com a adubação convencional recomendada.

Fatores agrônômicos, como solo, adubação, pluviometria e altitude, podem afetar a qualidade da semente e, em consequência, o teor de óleo. A principal diferença entre os dois ciclos de produção, deste trabalho, foi a duração do primeiro ciclo que foi bem superior (396 DAT), enquanto no segundo ciclo (pesquisa corrente) o período foi mais curto (240 dias) com plantas inicialmente podadas ao término do primeiro ciclo, ou seja, aos 396 DAT.

Severino et al. (2005) verificaram a importância do estado nutricional da mamoneira sobre o teor de óleo nas sementes, com diferenças significativas entre os tratamentos com e sem adubação, aumentando de 43,50 % para 47,40 %, com fornecimento de fertilizantes; a produtividade de óleo (produção x teor de óleo/100) passou de 205,10 kg ha⁻¹ na ausência da adubação, para 365,20 kg ha⁻¹ na sua presença, correspondendo, portanto, a um aumento de 78,00 %.

Rodrigues (2008), trabalhando com cultivares de mamoneira verificou ausência de efeito significativo, entretanto, os teores de óleo foram consideráveis, 54,18% para a BRS Nordestina e 49,92% para BRS Paraguaçu que foi significativamente menor. Os teores médios de óleo das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu apontados pela Embrapa (2002) e Carvalho (2005) são 49,00 e 48,00 %, respectivamente. Por outro lado, Laureti (2002), em estudos com o híbrido 'HD 912' de mamona, registrou redução de 50,70 % no teor de óleo das sementes cultivadas a 25 % ETc.

Quanto ao fator 'poda', verifica-se ausência de diferença significativa entre as médias de 'poda alta' (30,84% de óleo) e de 'poda baixa' (31,88% de óleo) (Tabela 49). Também verificou-se ausência de interação significativa, entre os dois fatores estudados, dada a independência de ambos ('Nr' e 'P').

Constam na Tabela 50, os contrastes dos tratamentos com água residuária e o tratamento 'controle', constatando-se diferenças significativas. O teor médio de óleo nas sementes das plantas 'controle' (32,03%) foi, significativamente maior ($P < 0,01$) que os teores médios das plantas irrigadas com água residuária até o nível de 50% ETc. Considerando que plantas tratadas com 75% da ETc (com restrição hídrica), produziram teor de óleo semelhante às do controle, infere-se que o aporte de nutrientes da água de irrigação contribuiu para a elevação do teor de óleo nas sementes de pinhão-mansão. Nota-se tendência de efeito significativo com 100% ETc, enquanto as plantas irrigadas com 125% ETc produziram maior teor de óleo, em relação ao controle.

Souza (2006) notou que os nutrientes contidos no esgoto tratado não foram suficientes para suprir as sementes de mamoneira, de modo que o teor de óleo foi inferior aos tratamentos envolvendo adubação. Ressalta-se que as plantas irrigadas com as maiores lâminas de reposição produziram maior biomassa de bagas, o que resulta em maior quantidade de óleo.

Tabela 49 - Resumo da análise de regressão do teor de óleo do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios
		Óleo
Nível de Reposição (Nr)	4	896,6623**
Regressão Linear	1	3223,5514**
Regres. Quadrática	1	57,5782 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	155,5884 ^{ns}
Regressão 4º Grau	1	149,9304 ^{ns}
Blocos	3	11,6787 ^{ns}
Poda (P)	1	1,0913 ^{ns}
Interação (Nr x P)	4	5,3808 ^{ns}
Resíduo	26	17,4540
CV (%)		13,32
Poda (P)		Médias (%)
Baixa		31,8850 a
Alta		30,8442 a
DMS		1,9899

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 26 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)

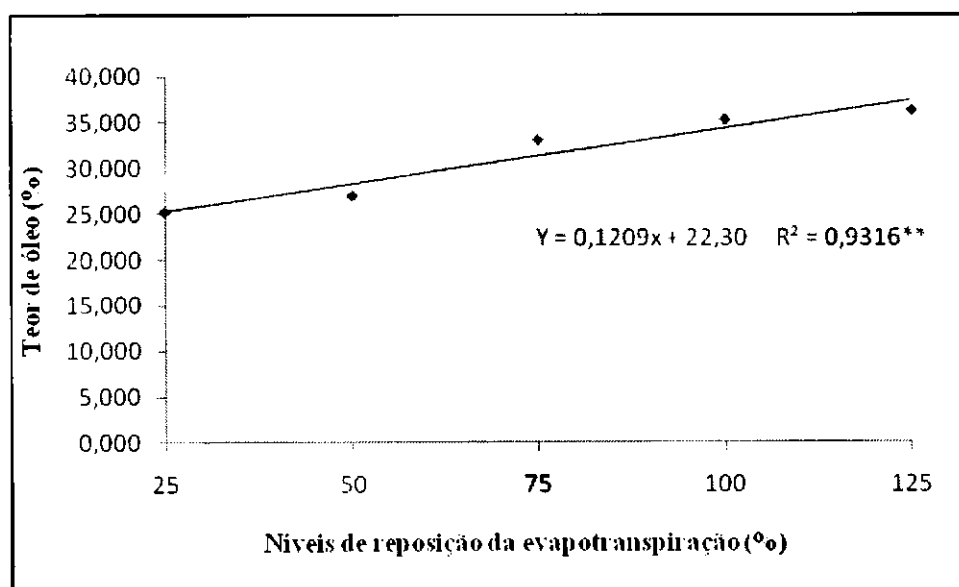


Figura 32 - Teor de óleo das sementes do pinhão-mansão em função do nível de reposição da evapotranspiração. Campina Grande, PB, 2009

Tabela 50 - Resumo da análise de variância e médias do teor de óleo do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios
		Teor de Óleo
Tratamentos	10	415,6186**
Blocos	3	10,7594^{ns}
Resíduo	29	15,8319
1-N ₂₅ Bx vs Ct.	1	629,1590**
2-N ₂₅ Alt vs Ct.	1	827,2905**
3-N ₅₀ Bx vs Ct.	1	1.354,3969**
4-N ₅₀ Alt vs Ct.	1	1.161,0560**
5-N ₇₅ Bx vs Ct	1	174,4027**
6-N ₇₅ Alt vs Ct	1	153,8059**
7-N ₁₀₀ Bx vs Ct	1	45,7249 ^{ns}
8-N ₁₀₀ Alt vs Ct	1	61,8573 ^{ns}
9-N ₁₂₅ Bx vs Ct	1	201,1535 ^{ns}
10-N ₁₂₅ Alt vs Ct	1	203,8613 ^{ns}
CV(%)		13,48
Tratamentos		Médias (%)
1-N ₂₅ Bx		25,0025
2-N ₂₅ Alt		25,4400
3-N ₅₀ Bx		28,0015
4-N ₅₀ Alt		26,1040
5-N ₇₅ Bx		33,0075
6-N ₇₅ Alt		33,1520
7-N ₁₀₀ Bx		36,0185
8-N ₁₀₀ Alt		34,4420
9-N ₁₂₅ Bx		37,3950
10-N ₁₂₅ Alt		35,0830
Controle		32,0275

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ GL residual = 29 a partir de 90 DAPd (uma parcela perdida)

5.2 – EXPERIMENTO II – Uso de águas salinizadas

5.2.1 – Variáveis de crescimento

5.2.1.1 - Altura de plantas (AP)

O resumo dos resultados das análises estatísticas da altura de plantas está na Tabela 51. Aos 396 dias após o transplântio – DAT, as plantas foram podadas a 80 cm de altura; 30 dias após a poda – DAPd, iniciou-se a brotação (Tabela 51). Até 90 DAPd não se verificaram efeitos dos tratamentos sobre a altura das plantas. Aos 120 e 150 DAPd, os efeitos dos níveis salinos, sobre a altura das plantas, foram altamente significativos ($P < 0,01$) com efeitos lineares decrescentes com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa. Entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e N_5 ($3,00 \text{ dS m}^{-1}$) as reduções foram estimadas em 9,88% e 13,36%, aos 120 e 150 DAPd, respectivamente. Nas duas avaliações imediatas, ou seja, aos 180 e 210 DAPd, as plantas tinham em média, altura de 1,48 m e 1,60 m, respectivamente, sem efeito significativo da salinidade sobre as plantas.

Ao final da pesquisa (240 DAPd) houve efeito linear significativo ($P < 0,05$), com redução de 6,05% entre as alturas das plantas irrigadas com água de CE 0,60 e $3,00 \text{ dS m}^{-1}$, cerca de 2,52% por unidade de CEa. Nery (2008), durante o primeiro ciclo, observou maior decréscimo (3,78%), constatando-se que na presente pesquisa a altura do pinhão-manso foi menos afetada. Em estudos de lisimetria, em condições de campo, Veras et al. (2011) verificaram ter sido afetada a altura das plantas pela condutividade elétrica da água, com redução de 7,85% por unidade de CEa, entre as plantas irrigadas com CEa de 0,60 e $4,20 \text{ dS m}^{-1}$.

Vale, Severino & Beltrão (2006) verificaram, em pesquisa com o pinhão-manso submetido a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação, em casa-de-vegetação, na fase inicial de crescimento (30 dias após a emergência), que a altura foi afetada pela condutividade elétrica da água; entre as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,06 e $4,20 \text{ dS m}^{-1}$, os autores constataram redução da altura da planta de 19,70 para 13,30 cm, correspondendo a cerca de 7,85% por unidade de CEa.

Os dados médios da altura de plantas do pinhão-manso estão plotados na Figura 33. A partir dos modelos matemáticos dos períodos em que houve efeitos (Figura 33C, 33D e 33G), os decréscimos por incremento unitário de CEa (dS m^{-1}), verificados na altura da planta, foram 5,17cm, 7,87cm e 4,20cm aos 120, 150 e 240 DAPd, respectivamente.

Durante o primeiro ciclo, Nery et al. (2009) verificaram efeitos da salinidade sobre a altura do pinhão-manso, a partir de 58 DAS de forma que, entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e N_5 ($3,00 \text{ dS}$

m⁻¹) os decréscimos relatados foram 8,57, 14,01, 10,79, 8,14, 11,16 e 9,07% aos 58, 79, 100, 121, 142 e 163 DAS, respectivamente.

A altura média, observada em cada período, está apresentada na Tabela 51, enquanto a evolução da altura de plantas em função dos DAPd (variação temporal) e por nível de salinidade da água de irrigação, está na Figura 34; ocorreu crescimento mais pronunciado até 210 dias, estabilizando-se a partir dessa data, coincidindo com a fase reprodutiva das plantas. Durante o primeiro ciclo, ocorreu crescimento mais pronunciado até 100 dias, após a semeadura, quando as plantas já se encontravam em floração (NERY, 2008).

Traiano et al. (2009), em pesquisa com pinhão-manso no primeiro ano de produção e em campo, na região do Seridó Paraibano, observaram maiores alturas nas plantas que receberam adubação química e adubação orgânica feita com esterco bovino, diferindo, estatisticamente, das plantas que cresceram em solo com fertilidade natural.

Tabela 51 – Resumo das análises de variância e médias para a altura de plantas (AP) do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	de GL	Quadrados Médios								
		AP 30 DAPd	AP 60 DAPd	AP 90 DAPd	AP 120 DAPd	AP 150 DAPd	AP 180 DAPd	AP 210 DAPd	AP 240 DAPd	
Nível salino (N)	4	--	0,0037 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,0150**	0,0248**	0,0063 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	0,0093**	
Reg. Linear	1	--	0,0057 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,0404**	0,0893**	0,0144 ^{ns}	0,0156 ^{ns}	0,0226*	
Reg. Quadrática	1	--	0,0042 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,0028 ^{ns}	0,0046 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	
Reg. Cúbica	1	--	0,0028 ^{ns}	0,0062 ^{ns}	0,0108 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,0046 ^{ns}	0,0130 ^{ns}	0,0130 ^{ns}	
Reg. 4º Grau	1	--	0,0021 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0060 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	
Blocos	3	--	0,0064*	0,0034 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	
Resíduo	27	--	0,0014	0,0032	0,00283	0,0046	0,0043	0,0050	0,0034	
CV(%)		--	4,02	5,11	4,46	5,14	4,44	4,42	3,65	
Média (m)			0,8000	0,9315	1,1075	1,1915	1,3180	1,4765	1,5990	1,6155

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

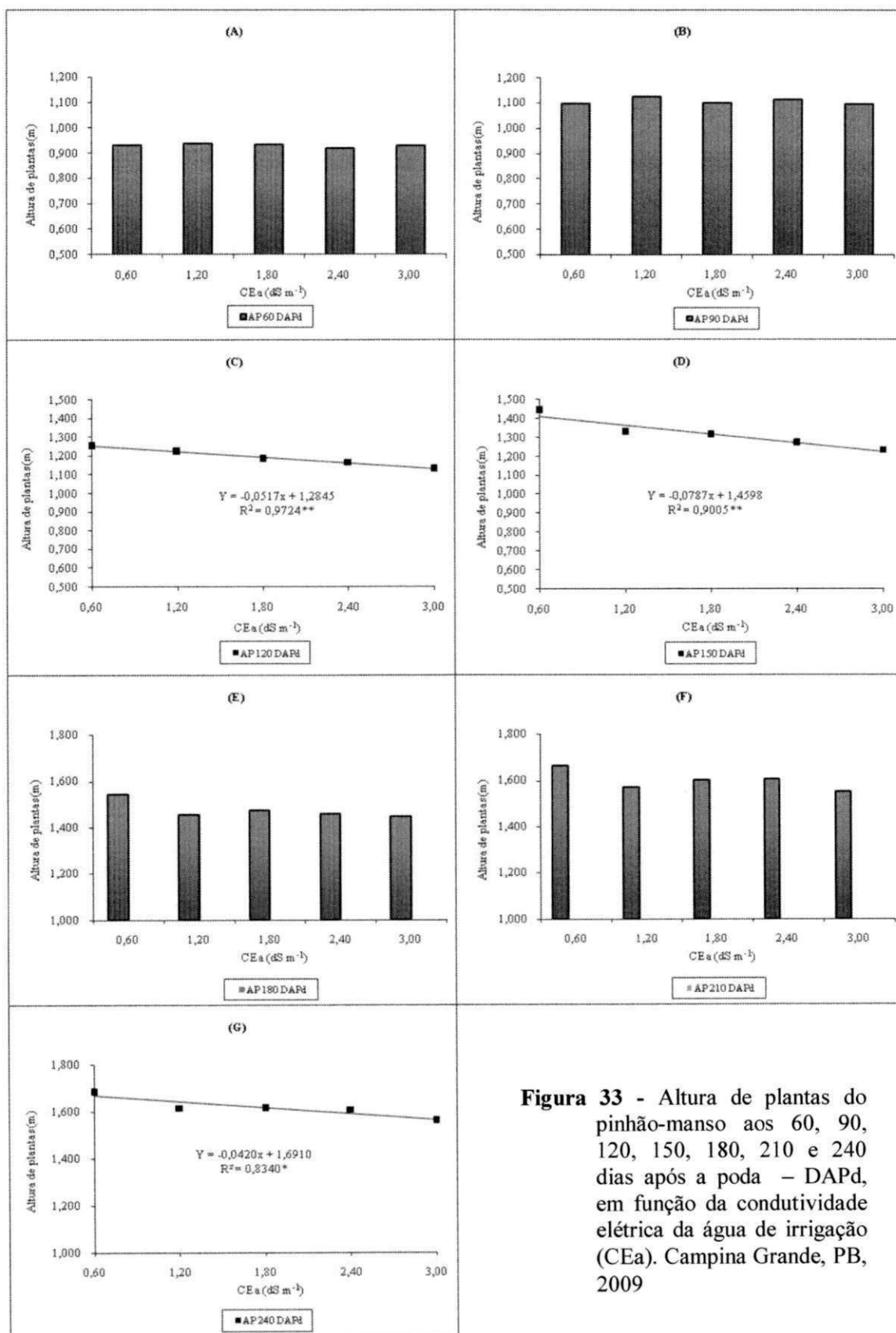


Figura 33 - Altura de plantas do pinhão-mansô aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

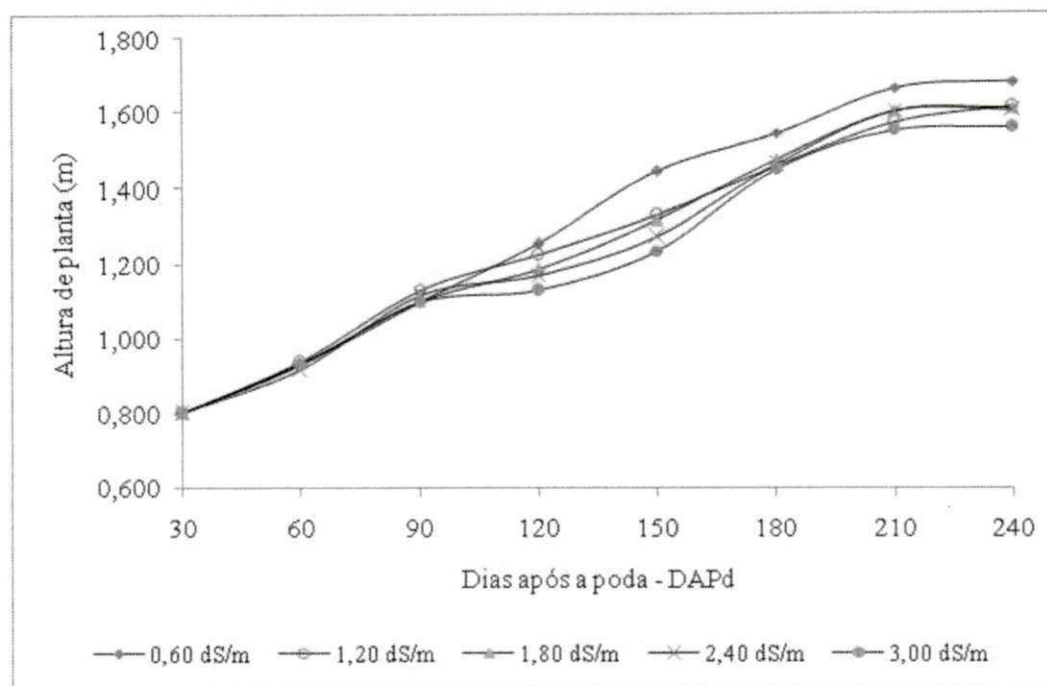


Figura 34 – Evolução da altura de plantas do pinhão-mansão ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.1.2 - Diâmetro caulinar (DC)

Os efeitos da salinidade da água sobre o diâmetro do caule do pinhão-mansão foram significativos ($P < 0,01$), em todas as datas de avaliação (Tabela 52), com efeito linear da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 35), com decréscimo entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e N_5 ($3,00 \text{ dS m}^{-1}$) de 13,42%, 13,80%, 14,40%, 14,86%, 14,96%, 16,32%, 13,84% e 12,12% aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente. Os decréscimos por unidade de CEa, correspondentes às datas, foram 5,60, 5,75, 6,00, 6,19, 6,23, 6,80, 5,77 e 5,05%. Durante o primeiro ciclo, Nery et al. (2009) verificaram comportamento semelhante, quando os decréscimos registrados foram 9,06, 13,41, 13,52, 15,33, 16,78 e 17,63% aos 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura-DAS.

Em lisímetros de drenagem a céu aberto, Veras et al. (2011) não registraram efeitos significativos dos níveis salinos ($0,60$ a $5,40 \text{ dS m}^{-1}$), sobre o diâmetro do caule do pinhão-mansão, até 360 dias após transplantio. Provavelmente, os efeitos não se manifestaram, devido às chuvas ocasionais que diluem a salinidade do solo.

Mediante análise dos coeficientes angulares (Figura 35), cada acréscimo unitário de CEa levou à redução do diâmetro caulinar em 3,76, 3,99, 4,26, 4,46, 4,53, 5,16, 4,42 e 3,94 mm aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente.

Cavalcanti et al. (2005a) observaram, aos 80 dias após a germinação, menor redução no diâmetro de caule da mamoneira, com declínio de 0,20 mm (1,45%) por aumento unitário da

UFCC - BIBLIOTECA

CEa; portanto, é comum haver diferenças dos efeitos salinos entre as espécies de plantas entre fases de uma mesma espécie e entre genótipos de plantas (GHEYI, QUEIROZ & MEDEIROS, 1997).

Vale, Severino & Beltrão (2006) constataram, na fase inicial de crescimento (30 dias após a emergência), que o diâmetro caulinar do pinhão-mansão foi afetado linearmente pela condutividade elétrica da água, como também foi verificado na presente pesquisa, na fase inicial do segundo ciclo com poda.

Devido aos caules mais robustos, verificados nas plantas cultivadas com água não salina, pode-se afirmar que tais plantas são mais resistentes ao tombamento ocasionado por ventos, permitindo também a colheita por vibração mecânica da planta.

De acordo com a Tabela 52, em termos médios, o DC variou entre 62,79 mm aos 30 DAPd e 73,30 mm, aos 240 DAPd; verificando-se na Figura 36, maiores diâmetros nos tratamentos de menores níveis salinos e que o diâmetro caulinar do pinhão-mansão cresceu de forma praticamente linear, ao longo da pesquisa.

Trajano et al. (2009) observaram maiores diâmetros de pinhão-mansão, no primeiro ano na região do Seridó Paraibano, em plantas que receberam adubação química (34,15mm a 59,70mm) e adubação orgânica feita com esterco bovino (34,05mm a 57,95mm), diferindo estatisticamente das plantas que cresceram no solo com fertilidade natural (22,95mm a 50,05mm).

Tabela 52 - Resumo das análises de variância e médias para o diâmetro caulinar de plantas (DC) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		DC 30 DAPd	DC 60 DAPd	DC 90 DAPd	DC 120 DAPd	DC 150 DAPd	DC 180 DAPd	DC 210 DAPd	DC 240 DAPd
Nível salino (N)	4	53,998**	58,305**	66,185**	72,803**	75,109**	100,421**	71,971**	57,667**
Reg. Linear	1	204,078**	229,202**	260,866**	285,957**	295,121**	382,852**	281,696**	223,02**
Reg. Quadrática	1	3,088 ^{ns}	0,474 ^{ns}	0,0904 ^{ns}	0,279 ^{ns}	0,675 ^{ns}	0,720 ^{ns}	2,424 ^{ns}	3,376 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	8,742 ^{ns}	2,500 ^{ns}	3,6301 ^{ns}	4,160 ^{ns}	3,782 ^{ns}	5,256 ^{ns}	0,462 ^{ns}	0,248 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,082 ^{ns}	1,044 ^{ns}	0,1532 ^{ns}	0,814 ^{ns}	0,858 ^{ns}	12,857 ^{ns}	3,3006 ^{ns}	4,020 ^{ns}
Blocos	3	2,027 ^{ns}	3,728 ^{ns}	2,1735 ^{ns}	2,197 ^{ns}	2,025 ^{ns}	5,908 ^{ns}	6,4308 ^{ns}	4,126 ^{ns}
Resíduo	27	2,4940	2,5944	2,4681	2,3653	2,2016	3,9554	3,8085	4,0880
CV(%)		2,52	2,49	2,39	2,31	2,21	2,85	2,74	2,76
Média (mm)		62,7850	64,5925	65,7525	66,5800	67,2000	69,6625	71,2825	73,3025

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

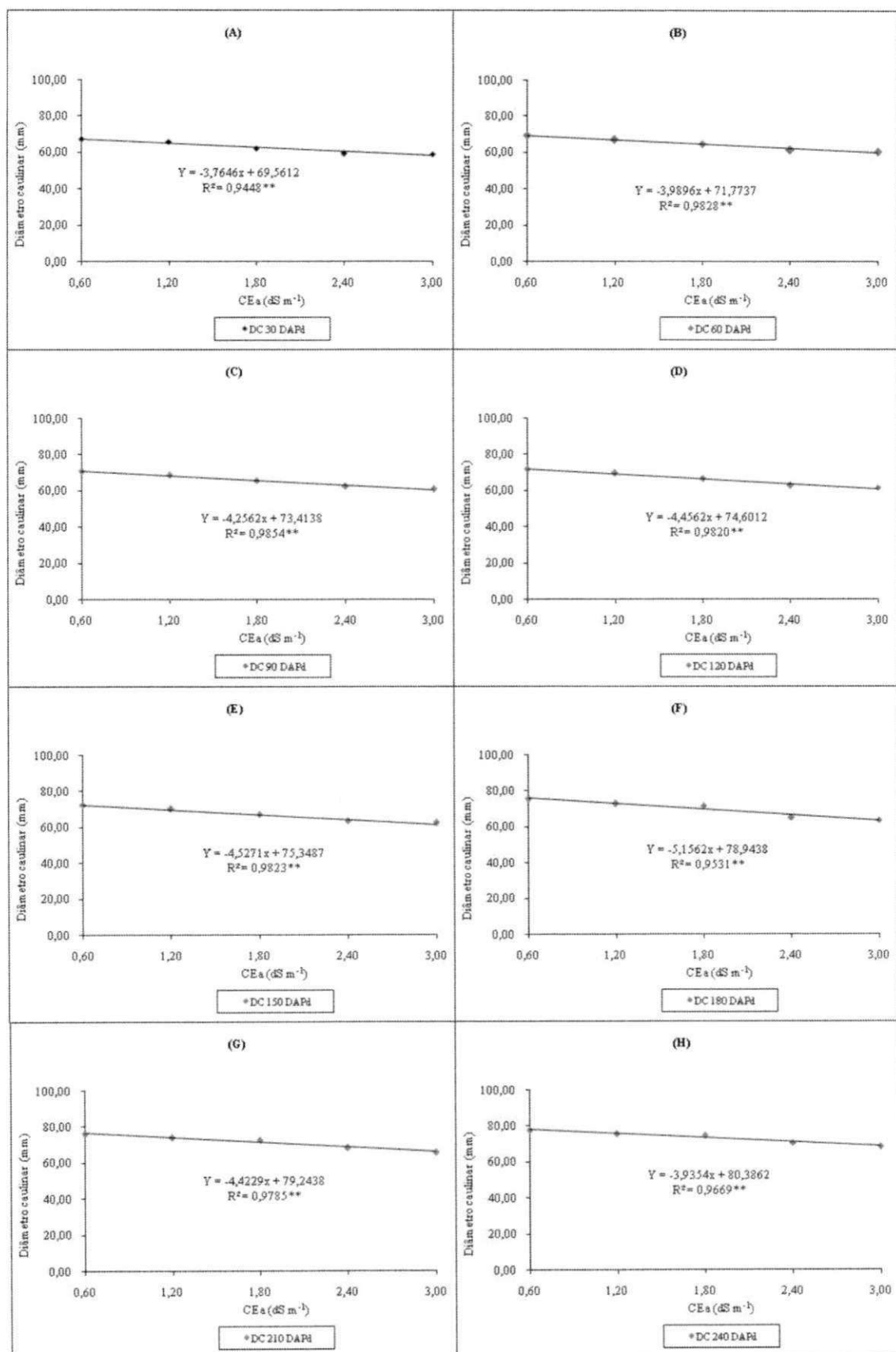


Figura 35 – Diâmetro caulinar de plantas de pinhão-mansó aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

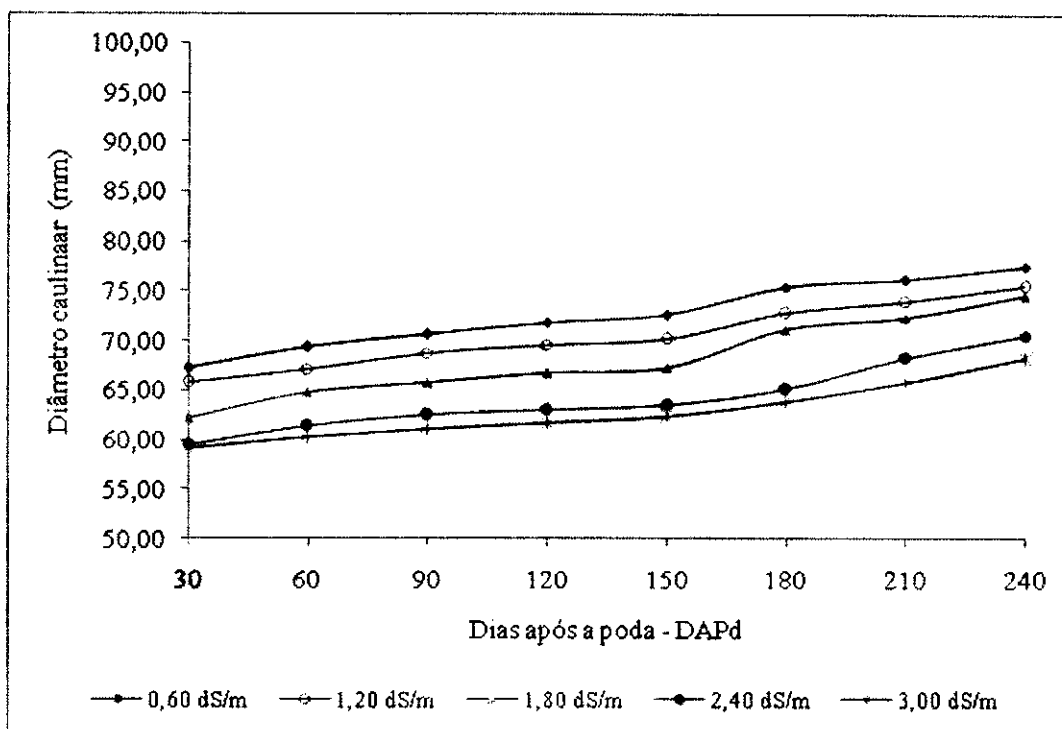


Figura 36 – Evolução do diâmetro caulinar de plantas do pinhão-mansão ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.1.3 - Número de folhas (NF)

Na Tabela 53 está o resumo da análise de variância do número de folhas, notando-se efeitos significativos lineares e quadráticos dos tratamentos, dependendo da data de avaliação.

Inicialmente, a salinidade da água de irrigação estimulou o surgimento de folhas, pois, aos 30 dias após a poda houve acréscimo linear do número de folhas. Na Figura 37A está demonstrado esse comportamento das plantas na primeira avaliação (30 DAPd), a partir da qual se verificaram acréscimos entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis de 16,36, 32,72, 49,08, 65,44%, ou seja, $27,27\%/dS \text{ m}^{-1}$ ou, de acordo com o coeficiente angular, acréscimo de 6,00 folhas/ $dS \text{ m}^{-1}$.

Aos 60 DAPd, houve efeito quadrático da CEa sobre o número de folhas (Figura 37B), sendo que níveis salinos próximos de $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ resultaram em maior número de folhas. Com base na equação obtida a CEa de $2,19 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu o número máximo de folhas (95 folhas/planta).

A partir de 90 DAPd, os níveis salinos afetaram, significativamente, o número de folhas, a 0,01 de probabilidade, pelo teste F, notando-se efeitos lineares que melhor explicaram a resposta das plantas, dada a maior associação entre as variáveis dependente e independente, ou seja, maior coeficiente de determinação- R^2 (Figura 37 C, D, E, F, G, H). Os decréscimos em 'NF', estimados a partir dos modelos matemáticos, entre N_1 e N_5 , foram 19,72%, 55,83%,

51,00%, 41,32%, 37,12% e 37,08% aos 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente; nessas sucessivas datas, pelos coeficientes angulares das equações obtiveram-se as seguintes reduções de NF, por unidade de CEa: 15,50, 52,29, 56,50, 51,73, 58,00 e 58,21 unidades de folhas, um indicativo, em termos absolutos, que os efeitos foram se intensificando com o tempo.

Nery et al. (2009), durante o primeiro ciclo, não observaram efeitos nas duas avaliações iniciais (37 e 58 DAS), mas, a partir de 79 DAS, os decréscimos em 'NF', estimados a partir dos modelos matemáticos lineares, entre N_1 e N_5 , foram 34,09, 32,70, 28,93, 25,18 e 23,41% aos 79, 100, 121, 142 e 163 DAS, respectivamente.

Igualmente, a partir dos decréscimos acima relatados, percebe-se, para cada $dS\ m^{-1}$ aumentado na CEa, redução de 8,22%, 23,26%, 21,25%, 17,22%, 15,47% e 15,45%, aos 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente.

Portanto, ao final do segundo ciclo (redução de $15,45\%/dS\ m^{-1}$), as folhas foram mais afetadas que no primeiro ciclo (redução de $9,75\%/dS\ m^{-1}$). Com base nas variáveis de crescimentos até aqui discutidas, infere-se que o número de folhas foi mais afetado que o diâmetro e este, mais afetado que a altura, tal como foi verificado no primeiro ciclo (NERY et al., 2009).

Vale, Severino & Beltrão (2006), ao avaliarem o crescimento inicial do pinhão-mansão (30 dias após a emergência), sob condições controladas, observaram redução de 40% no número de folhas (de 10,0 para 6,0) correspondendo a cerca de 9,66%, por unidade de CEa, sendo mais afetada que a altura (7,85%) e o diâmetro caulinar (7,68%). Os autores concluíram que o pinhão-mansão é uma espécie sensível à salinidade da água de irrigação.

No tocante à evolução das plantas ao longo do ciclo, verifica-se, na Tabela 53, que o número de folhas por planta, variou, em média, entre 29,20 aos 30 DAPd e 306,90 aos 240 DAPd. Através da Figura 38, nota-se estar caracterizada a sensibilidade do pinhão-mansão à salinidade, notadamente quando a condutividade elétrica atinge valores como $3,00\ dS\ m^{-1}$. Entre 90 e 120 DAPd, percebe-se redução do número de folhas nas plantas irrigadas com água de CE de 2,40 e $3,00\ dS\ m^{-1}$. Provavelmente, trata-se de mecanismo de defesa (redução de folhas, conseqüentemente, de área foliar), em que as plantas passam a investir na fase reprodutiva, em detrimento da vegetativa. Praticamente, não ocorreu, variação entre 210 e 240 DAPd, por se estabilizar o número de folhas.

Em condições de campo, durante o primeiro ciclo produtivo na região do Seridó Paraibano, Trajano et al. (2009) verificaram que o número de folhas, em plantas que receberam adubação química e adubação orgânica, feita com esterco bovino, foi significativamente superior ao número de folhas das plantas cultivadas no solo, com fertilidade natural.

Decréscimos observados no número de folhas quando as culturas são cultivadas na presença de alta salinidade, ocorrem como forma de adaptação, no sentido de minimizar as perdas de água por transpiração (FAGERIA, 1989; MAAS & GRATTAN, 1999).

Durante o primeiro ciclo, ao contrário do segundo ciclo, as plantas cresceram progressivamente, até 163 dias após a semeadura, quando encerrou-se a pesquisa (NERY et al., 2009).

Tabela 53 - Resumo das análises de variância e médias para o número de folhas (NF) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		NF 30 DAPd	NF 60 DAPd	NF 90 DAPd	NF 120 DAPd	NF 150 DAPd	NF 180 DAPd	NF 210 DAPd	NF 240 DAPd
Nível salino (N)	4	153,550**	474,375 *	923,300*	11136,80**	11624,45**	10265,04**	14542,20**	14688,57**
Reg. Linear	1	518,400**	690,025*	3459,60**	42975,62**	46168,40**	38533,06**	53441,60**	55790,22**
Reg. Quadrática	1	41,143 ^{ns}	1125,446**	178,57 ^{ns}	10639,44*	87,50 ^{ns}	1800,11*	2761,14**	1945,16**
Reg. Cúbica	1	18,225 ^{ns}	81,225 ^{ns}	38,025 ^{ns}	240,00 ^{ns}	235,60 ^{ns}	252,51 ^{ns}	992,90 ^{ns}	1168,40 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	36,432 ^{ns}	0,804 ^{ns}	17,003 ^{ns}	292,13 ^{ns}	6,30 ^{ns}	474,50 ^{ns}	973,16 ^{ns}	850,514 ^{ns}
Blocos	3	80,133*	466,183*	260,983 ^{ns}	488,983 ^{ns}	311,25*s	79,433 ^{ns}	744,93 ^{ns}	811,00 ^{ns}
Resíduo	27	16,550	140,972	285,066	194,566	70,916	287,812	364,60	370,04
CV(%)		13,93	13,85	9,93	8,11	4,25	7,12	6,95	6,27
Média (--)		29,2000	85,7500	169,9500	162,0500	198,1500	238,4000	305,6000	306,9000

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

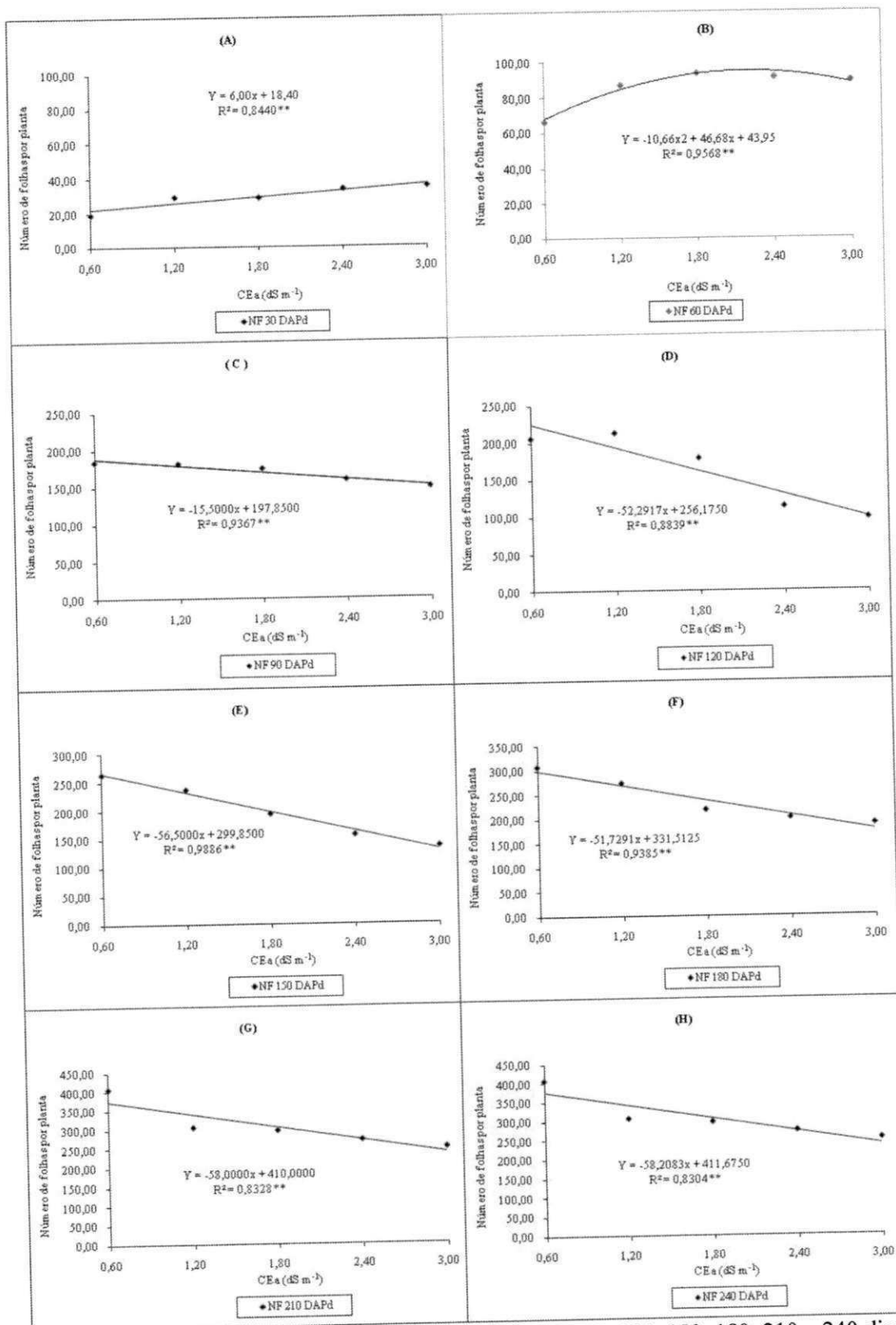


Figura 37 – Número médio de folhas de pinhão-mansão aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009.

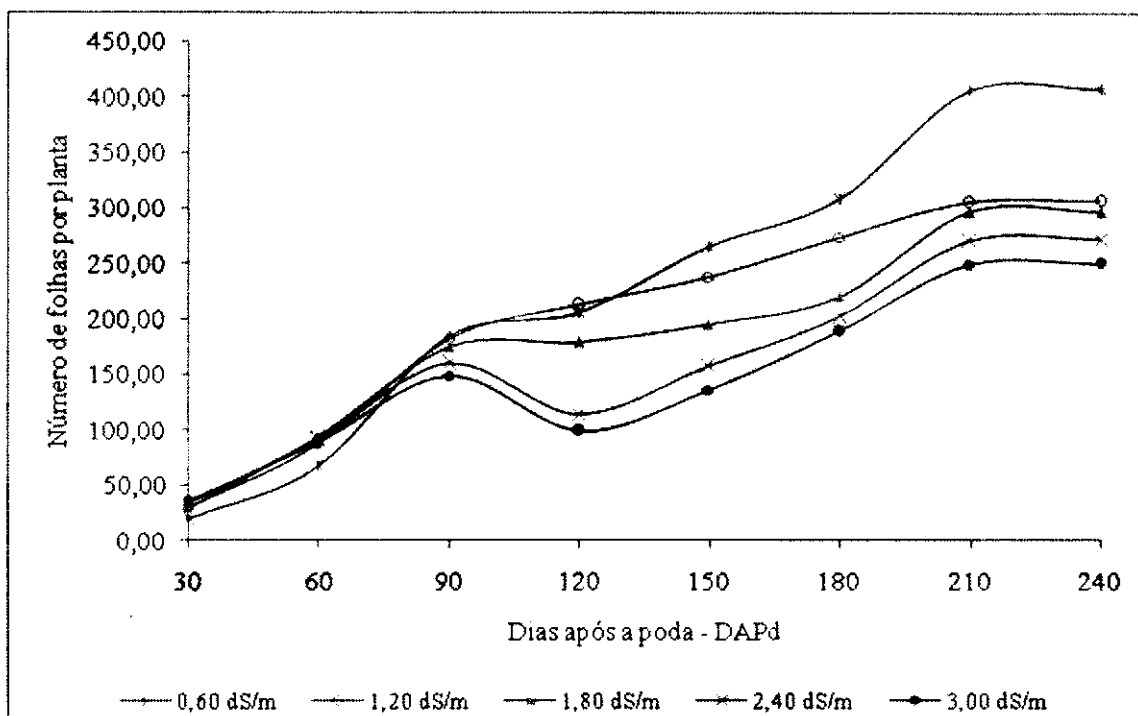


Figura 38 – Evolução do número de folhas de plantas do pinhão-mansão ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.1.4 - Área foliar (AF)

Houve efeito significativo ($P < 0,01$) sobre a área foliar, em todas as etapas da avaliação. O resumo das análises de variância desta variável, ao longo do tempo, está apresentado na Tabela 54. Como foi visto no item anterior, inicialmente a salinidade da água de irrigação estimulou o surgimento de folhas, ocorrendo, também, aos 30 dias após a poda, acréscimo linear da área foliar. Verificaram-se acréscimos entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis de salinidade, de 51,81%, 103,62%, 155,43% e 207,24%, os quais correspondem ao aumento de 86,36% para cada dS m^{-1} . Os dados estão na Figura 39A, assemelhando-se ao número de folhas (Figura 37A).

Aos 60 DAPd, houve efeito quadrático da CEa sobre a área foliar (Figura 39B). Com base na equação (modelo matemático) na CEa de $2,06 \text{ dS m}^{-1}$ obteve-se o máximo de área foliar ($0,7600 \text{ m}^2/\text{planta}$).

Nas avaliações seguintes, as regressões lineares explicaram melhor as respostas das plantas aos níveis salinos.

Os decréscimos verificados em 'AF', calculados a partir dos modelos matemáticos, entre N_1 e N_5 , foram 30,48%, 71,12%, 38,12%, 29,20%, 26,24% e 29,20% aos 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd, respectivamente. Ocorreu queda de 12,70%, 29,63%, 15,88%, 12,17%,

10,93%, 12,17% na área foliar, para para cada incremento de 1 dS m^{-1} . Com base nos coeficientes angulares das respectivas equações (Figura 39), área foliar foi reduzida em 2.717 cm^2 , 8.261 cm^2 , 4.612 cm^2 , 4.090 cm^2 , 4.527 cm^2 e 4.801 cm^2 por unidade de CEa. Decréscimos semelhantes foram verificados por outros autores, em estudos de salinidade com a mamoneira (CAVALCANTI et al., 2005b; SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2008).

Nery et. al. (2009), durante o primeiro, constataram decréscimos na AF de 33,69%, 36,16%, 42,79%, 44,59% e 42,58% entre N_1 e N_5 , aos 79, 100, 121, 142 e 163 DAS, respectivamente, correspondendo a 14,04%, 15,07%, 17,83%, 18,58% e 17,74% por unidade de CEa.

Como constatado no primeiro ciclo, deduziu-se, também, no segundo ciclo, que a área foliar, aparelho assimilatório, ao lado do nº de folhas, foram as variáveis de crescimento mais afetadas, evidenciando a sensibilidade do pinhão-manso à condição de estresse salino a que foi submetido.

Os decréscimos da área foliar estão relacionados, provavelmente, a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Segundo alguns autores (LAUCHLI & EPSTEIN, 1990; ARAÚJO, 1994; SOUZA, 1995) a redução da AF decorre da diminuição do volume das células, refletindo-se na redução da atividade fotossintética, o que, de certo modo, contribui para adaptação das culturas à salinidade; essa redução na AF pode aumentar, indiretamente, a concentração total de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico.

Na Figura 40 explana-se a evolução da área foliar ao longo do tempo e por nível salino. Confirma-se terem sido mais severos os efeitos da salinidade aos 120 DAPd e, à semelhança do número de folhas, reduziu-se, também, a área foliar entre 90 e 120 DAPd nas plantas irrigadas com água salinizada de 2,40 e 3,00 dS m^{-1} . A partir de 120 DAPd, até 210 DAPd, as plantas, cresceram, progressivamente, em área foliar e, depois desta data, as plantas perderam parte da AF, à exceção das irrigadas com 2,40 dS m^{-1} que continuaram aumentando sua área foliar.

Tabela 54 - Resumo das análises de variância e médias para a área foliar (AF) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		AF 30 DAPd	AF 60 DAPd	AF 90 DAPd	AF 120 DAPd	AF 150 DAPd	AF 180 DAPd	AF 210 DAPd	AF 240 DAPd
Nível salino (N)	4	0,0079**	0,0599**	0,2819**	2,4364**	0,7646**	0,5377**	0,7683**	1,0336**
Reg. Linear	1	0,0302**	0,0262 ^{ns}	1,0628**	9,6476**	2,9661**	1,8279**	1,9833**	3,7406**
Reg. Quadrática	1	0,0007 ^{ns}	0,1792*	0,0134 ^{ns}	0,0142 ^{ns}	0,0092 ^{ns}	0,1109 ^{ns}	0,8185**	0,1255 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,0002 ^{ns}	0,0052 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0573 ^{ns}	0,0422 ^{ns}	0,0941 ^{ns}	0,1620 ^{ns}	0,1548 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,0005 ^{ns}	0,0292 ^{ns}	0,0511 ^{ns}	0,0263 ^{ns}	0,0409 ^{ns}	0,1180 ^{ns}	0,1095 ^{ns}	0,1135 ^{ns}
Blocos	3	0,0027*	0,0241*	0,0315 ^{ns}	0,0500 ^{ns}	0,0524*	0,0117 ^{ns}	0,0989 ^{ns}	0,0884 ^{ns}
Resíduo	27	0,0005	0,0081	0,0337	0,0228	0,0113	0,0364	0,0413	0,0387
CV(%)		20,97	13,78	10,12	8,41	4,52	6,64	5,65	5,84
Média (m²)		0,1079	0,6519	1,8142	1,7969	2,3498	2,8707	3,5966	3,3688

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

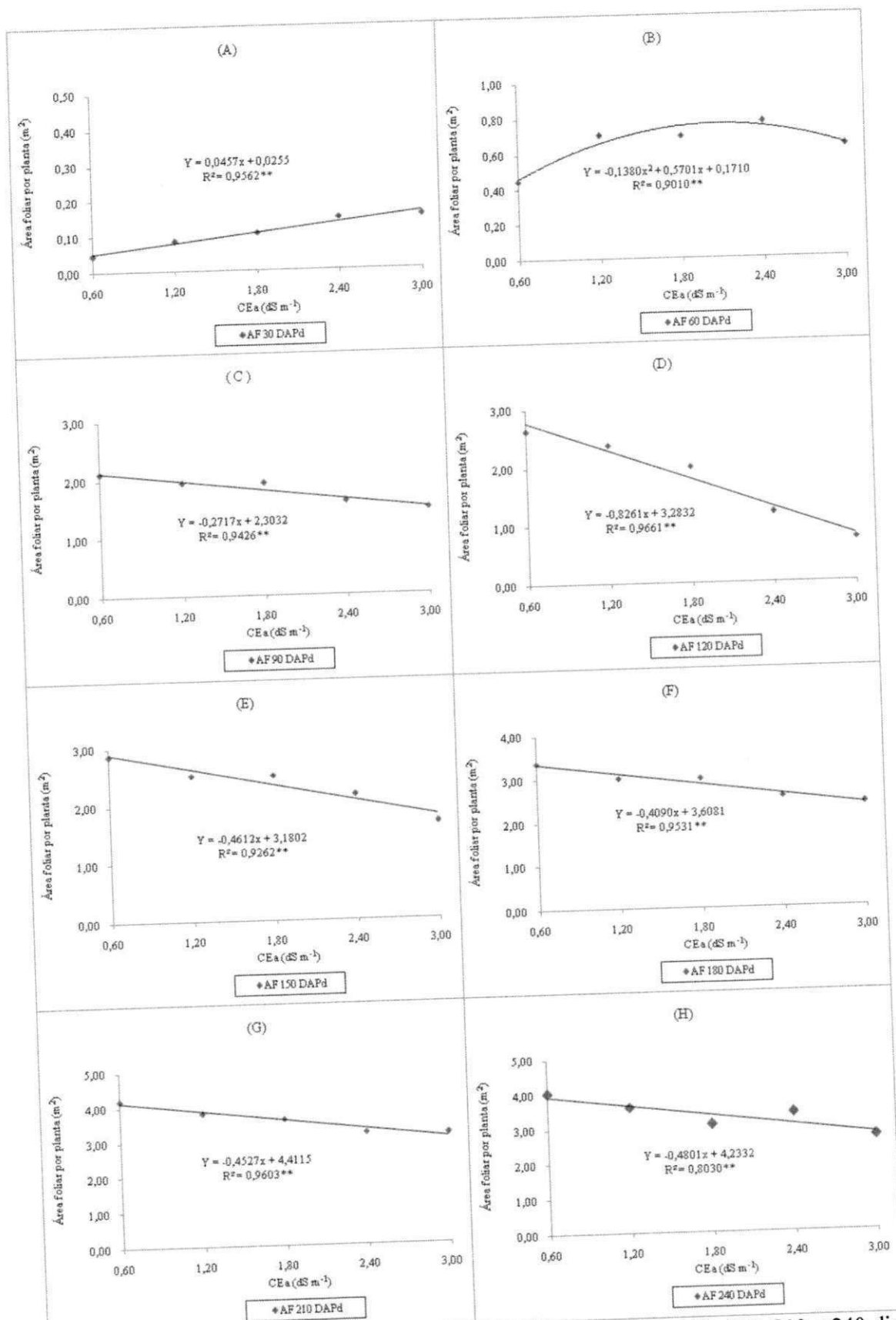


Figura 39 – Área foliar de plantas do pinhão-mansô aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

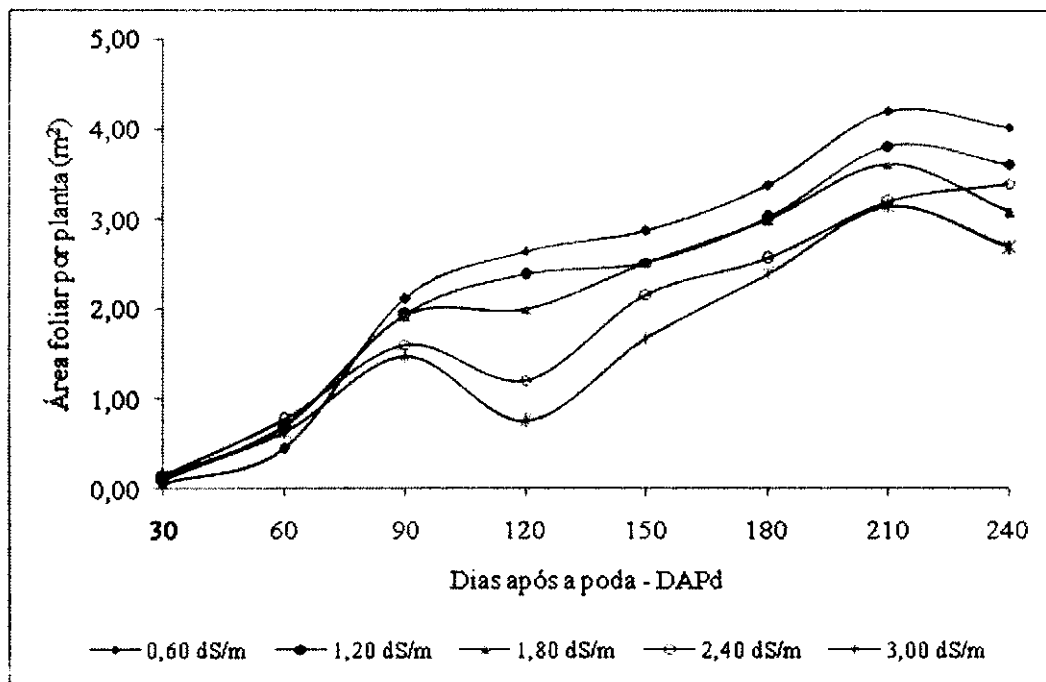


Figura 40 – Evolução da área foliar do pinhão-mansão ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.1.5 - Taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP)

As pesquisas com pinhão-mansão ainda são incipientes, dificilmente encontram-se resultados de pesquisa a respeito dos efeitos de salinidade sobre a ecofisiologia da planta, e, mais especificadamente sobre as taxas de crescimento.

Conforme os resultados das análises de variância, apresentados na Tabela 55, houve significância dos níveis salinos da água de irrigação (N) sobre a TCA AP, em dois períodos, 90-120 DAPd, 150-180 DAPd e no período total 30-240 DAPd.

De acordo com a Tabela 55, as taxas médias nos sucessivos períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 DAPd) foram 0,0044, 0,0059, 0,0028, 0,0042, 0,0053, 0,0041, 0,0005 e 0,0039 m dia⁻¹.

Na Figura 41 estão plotadas as médias dos períodos estudados, constatando-se variações entre eles. As maiores taxas de crescimento ocorreram no período de 60-90 dias (Figura 41 B), com média de 0,0059 m dia⁻¹, enquanto que a menor taxa, com média de 0,0005 m dia⁻¹, ocorreu no último período, 210-240 DAPd (Figura 41 G). Segundo Larcher (2000), as reduções das taxas de crescimento vegetativo ao longo do ciclo, ocorrem em função da aceleração do crescimento produtivo e canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação.

Nos períodos em que houve efeito significativo, os dados se ajustaram melhor à regressão linear. Com base nas equações matemáticas contidas na Figura 41C e 41H, os

decréscimos observados entre os tratamentos 0,60 e 3,00 dS m⁻¹ foram 61,52% (90-120 DAPd) e 5,94% (30-240 DAPd), cerca de 25,63% e 2,48% por dS m⁻¹, respectivamente. Já analisando-se a Figura 41E (período de 150-180 DAPd), nota-se efeito inverso, ou seja, as taxas cresceram com o incremento da salinidade da água; os acréscimos observados entre os tratamentos 0,60 e 3,00 dS m⁻¹ foram 58,52%, cerca de 24,38% por dS m⁻¹. Considerando-se todo o período experimental (30-240 DAPd), ocorreu decréscimo de, aproximadamente, 2,48% por unidade de CEa (2,48%/dS m⁻¹). Nesses períodos de significância estatística, com base nos coeficientes angulares, as alterações foram cerca de 0,1mm dia⁻¹ para cada dS m⁻¹. Infere-se, pelos resultados, que a TCA AP não deve ser utilizada para se acurar os efeitos da salinidade da água de irrigação, em pinhão-manso.

Nery (2008), durante o primeiro ciclo do pinhão-manso, observou resultados semelhantes com significância em alguns períodos (37-58, 58-79, 121-142 e no período total, 37-163 DAS) e ocorrência de efeitos lineares decrescentes. Nesses períodos, a autora registrou decréscimos de 11,93, 22,13, 58,34, e 9,91%, observados entre os tratamentos 0,60 e 3,00 dS m⁻¹.

Tabela 55 - Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP) do pinhão-manso em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCA AP 30-60 DAPd	TCA AP 60-90 DAPd	TCA AP 90-120 DAPd	TCA AP 120-150 DAPd	TCA AP 150-180 DAPd	TCA AP 180-210 DAPd	TCA AP 210-240 DAPd	TCA AP 30-240 DAPd
Nível salino (N)	4	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	1,60E-05**	0,0000 ^{ns}	1,80E-06**	0,0000 ^{ns}	3,91 E-08 ^{ns}	2,08 E-07 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	5,65E-05**	0,0000 ^{ns}	4,35E-06**	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	7,38E-07**
Reg. Quadrática	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Blocos	3	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	1,06 E-08 ^{ns}	1,65 E-08 ^{ns}
Resíduo	27	0,0000	0,0000	6,02E-07	0,0000	5,99E-07	0,0000	3,50 E-08	7,69 E-08
CV(%)		29,53	30,86	27,97	34,20	26,20	26,85	34,02	7,18
Média (m dia ⁻¹)		0,0044	0,0059	0,0028	0,0042	0,0053	0,0041	0,0005	0,0039

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

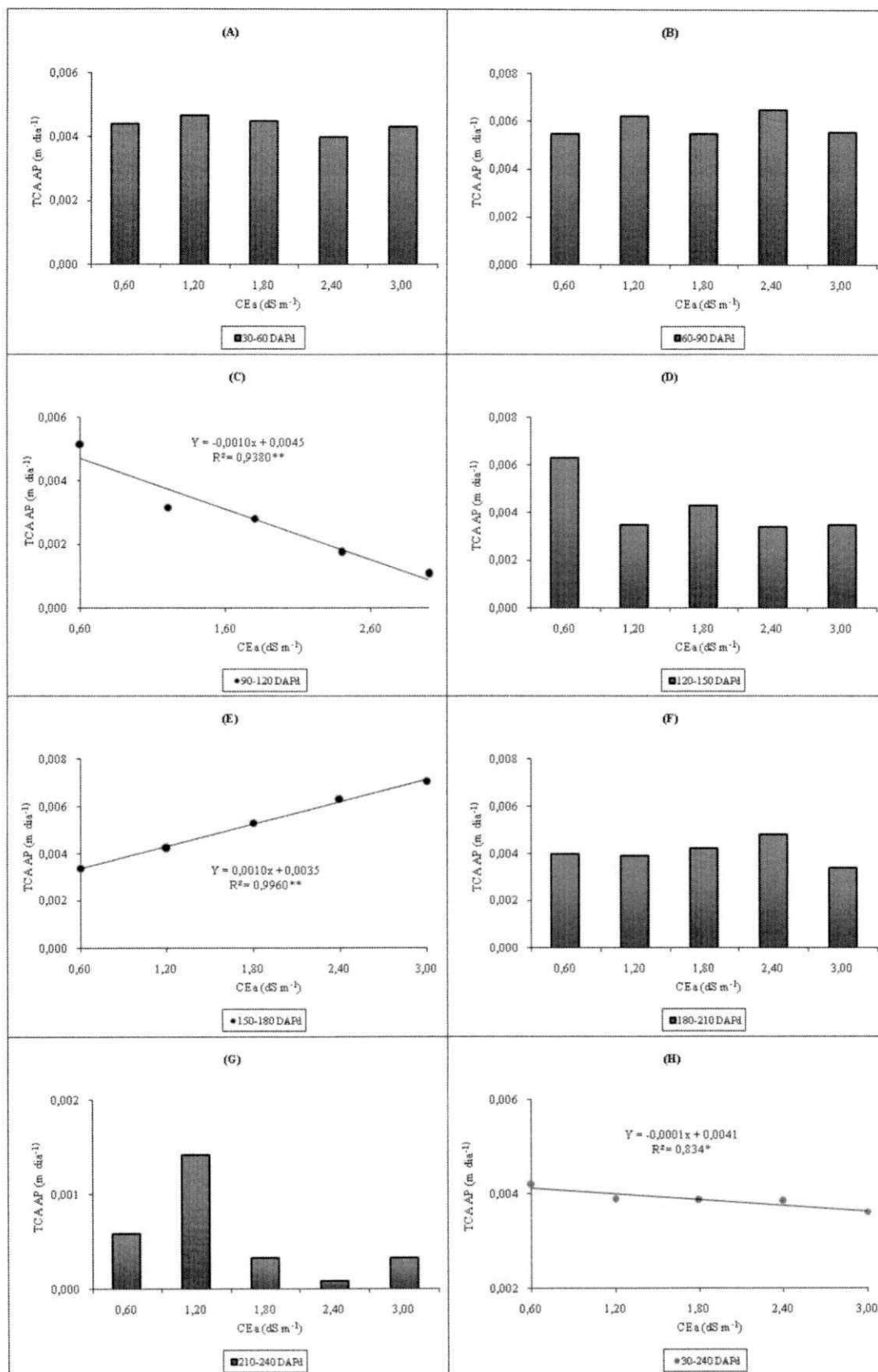


Figura 41 – Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-mansó em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.1.6 - Taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP)

Conforme o resumo das análises de variância (Tabela 56), os resultados se assemelharam com a taxa de crescimento absoluto, com significância dos níveis salinos da água de irrigação (N) sobre a TCR AP em dois períodos, 90-120 DAPd, 150-180 DAPd e no período total 30-240 DAPd.

As maiores taxas de crescimento relativo da altura de planta ocorreram até 180 DAPd. De acordo com a Tabela 55, as taxas médias nos sucessivos períodos foram 0,0051, 0,0058, 0,0024, 0,0033, 0,0038, 0,0027, 0,0003 e 0,0033 $\text{m m}^{-1} \text{dia}^{-1}$.

As TCR AP médias de cada período avaliado estão na Figura 42, onde, a exemplo da TCA AP, percebe-se grande variabilidade entre os períodos. As maiores taxas de crescimento ocorreram nos dois períodos iniciais, 30-60 e 60-90 dias após a poda (Figura 42A e 42B) e, as menores taxas ($0,0003 \text{ m m}^{-1} \text{dia}^{-1}$, em média) ocorreram no último período, 210-240 DAPd (Figura 42G). Esse comportamento é muito comum entre as plantas que, durante a fase de crescimento vegetativo, têm maior capacidade de formar novos tecidos, seja em tamanho ou em número. O crescimento relativo se relaciona com a eficiência da planta em formar tecidos novos, a partir dos preexistentes, sendo um indicativo de grande importância na avaliação de materiais genéticos sob diferentes condições de estresse (BENINCASA, 2003).

No período de 90-120 DAPd verificou-se efeito linear, altamente significativo ($P < 0,001$), com ocorrência de decréscimos em TCR AP, em função do incremento da salinidade da água de irrigação. Entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis, os decréscimos foram de 14,04%, 28,08%, 42,11%, 56,15%. No período seguinte (120-150 DAPd), não houve efeito significativo. Entretanto entre 150-180 DAPd, curiosamente, como ocorrido para a TCA, verificaram-se efeitos lineares crescentes entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis de salinidade, da ordem de 32,43, 64,86, 97,29, 129,72%.

Nos últimos períodos (180-210 e 210-240 dias após a poda), não houve efeito significativo, mas considerando todo o período experimental (30-240 DAPd), de forma semelhante ao ocorrido para TCA, verifica-se haver efeito significativo, ocorrendo decréscimos entre os sucessivos níveis salinos, de modo que, entre N_1 e N_5 , as reduções, com base no modelo matemático, foram de 7,00%, portanto cerca de 2,92% para cada incremento de 1 dS m^{-1} .

Utilizando-se de exemplos com outras espécies, Viana (2000) observou na cultura da alface, ausência de efeito da salinidade da água para a produção de material novo ao longo do ciclo. Dantas & Escobedo (1998), estudando índices morfo-fisiológicos e rendimento de alface, em ambiente natural e protegido, no verão e no inverno, verificaram ausência de influências sobre a TCR.

Tabela 56 - Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento relativo da altura de plantas (TCR AP) do pinhão-mansão em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCR AP 30-60 DAPd	TCR AP 60-90 DAPd	TCR AP 90-120 DAPd	TCR AP 120-150 DAPd	TCR AP 150-180 DAPd	TCR AP 180-210 DAPd	TCR AP 210-240 DAPd	TCR AP 30-240 DAPd
Nível salino (N)	4	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	2,59E-06**	0,0000 ^{ns}	5,94E-06**	4,92E-07 ^{ns}	1,55E-08 ^{ns}	5,79E-08 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	1,02E-05**	0,0000 ^{ns}	2,14E-05**	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	1,41E-07*
Reg. Quadrática	1	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	8,00E-08 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Blocos	3	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	4,67E-09 ^{ns}	4,00E-09 ^{ns}
Resíduo	27	0,000	0,0000	5,08E-07	0,0000	9,55E-07	5,11E-07	1,51E-08	2,73E-08
CV(%)		28,33	29,51	29,46	32,76	25,69	26,57	35,93	4,95
Média (m m ⁻¹ dia ⁻¹)		0,0051	0,0058	0,0024	0,0033	0,0038	0,0027	0,0003	0,0033

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

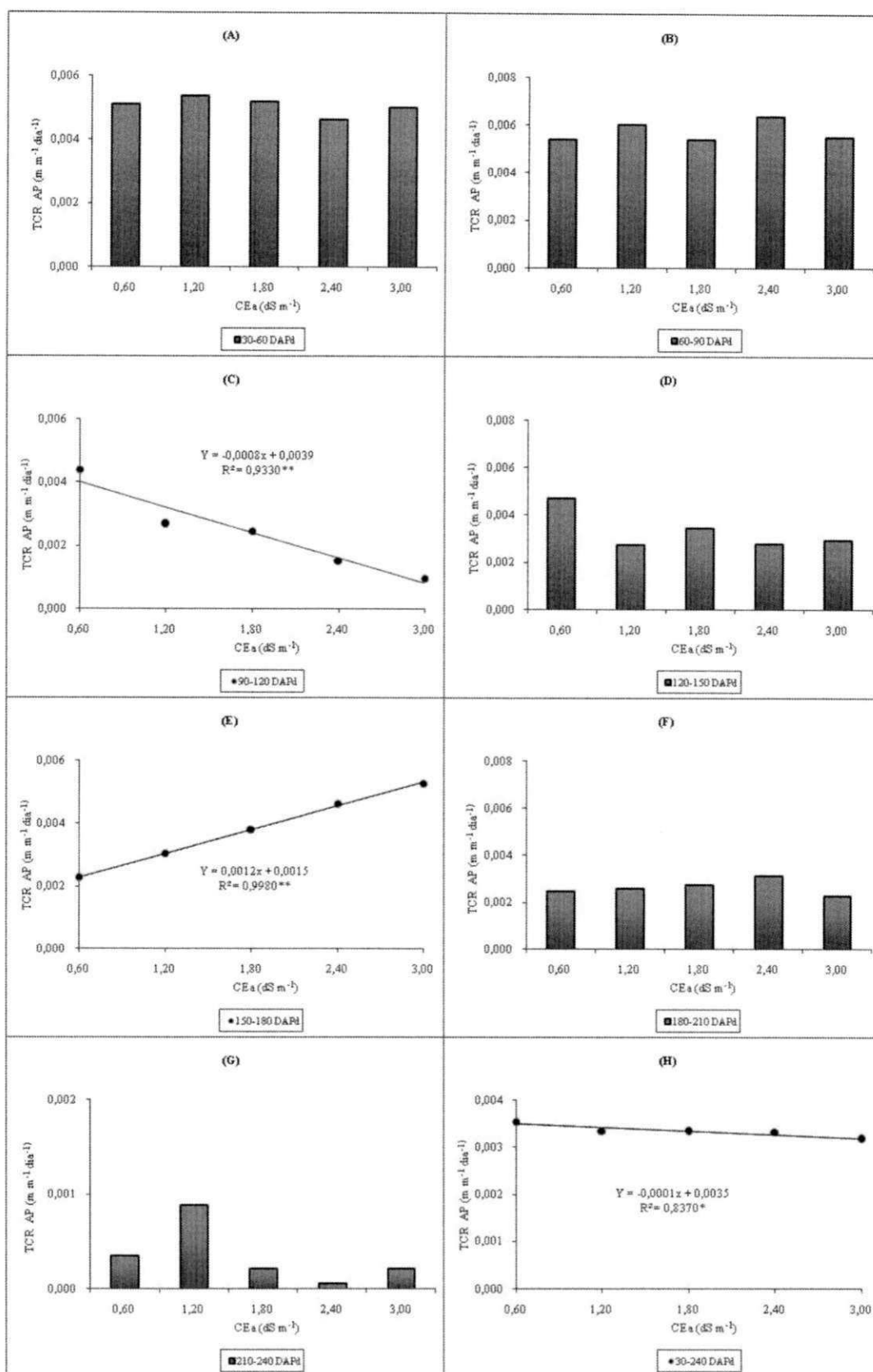


Figura 42 – Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-mansô em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.1.7 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC)

Não houve de efeitos significativos dos níveis salinos, em todos os períodos, exceto, entre 210 e 240 DAPd (Tabela 57), quando se verificou efeito significativo dos níveis salinos ($P < 0,05$), após o desdobramento, constatou-se efeito linear e significativo a nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F. Durante o primeiro ciclo, ao contrário deste, Nery (2008) registrou ocorrência de efeitos significativos em sete períodos. Sabe-se que as maiores taxas de crescimento são resgistradas nas fases iniciais; ao se iniciar o segundo ciclo (396 dias após transplântio), as plantas já se encontravam com diâmetro médio de 48mm, ao que se atribui a ausência de efeitos significativos na TCA DC.

Os dados das taxas estão na Figura 43 cujos valores médios (em mm dia⁻¹) foram 0,0602, 0,0387, 0,0276, 0,0207, 0,0821, 0,0540, 0,0673 e 0,0501 nos períodos 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 DAPd, respectivamente. Diante do exposto nota-se que as maiores taxas de crescimento ocorreram no período de 150-180 DAPd (0,0821 mm dia⁻¹), o que não é muito comum, pois, frequentemente, as maiores taxas ocorrem no início do crescimento. No dia da poda (26/maio/2008), as plantas encontravam-se com 396 dias após transplântio – DAT e 414 dias após a semeadura - DAS.

Na avaliação em que houve efeito linear (210-240 dias após a poda), registraram-se acréscimos nos diâmetros à medida aumentava a CEa (Figura 43G). Utilizando da equação matemática, verificaram-se acréscimos entre N_1 (0,60 dS m⁻¹) e os demais níveis de salinidade, de 20,33, 40,66, 60,99, 81,32%, correspondendo a 33,88% para cada unidade de dS m⁻¹. Carneiro et al. (2007) verificaram decréscimos superiores a 20%, por incremento unitário da CEa, sobre a TCA do cajueiro em diâmetro caulinar, dependendo do período de avaliação.

Tabela 57 - Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) de plantas do pinhão-mansinho em oito períodos (0-30, 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCA DC 30-60 DAPd	TCA DC 60-90 DAPd	TCA DC 90-120 DAPd	TCA DC 120-150 DAPd	TCA DC 150-180 DAPd	TCA DC 180-210 DAPd	TCA DC 210-240 DAPd	TCA DC 30-240 DAPd
Nível salino (N)	4	0,0015 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,00005 ^{ns}	0,0043 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0010*	0,00012 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,0008 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0063 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,0038**	0,0000 ^{ns}
Rcg. Quadrática	1	0,0013 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,0021 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,0019 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0039 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Blocos	3	0,0003 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000	0,0064*	0,0025*	0,0012*	0,0000 ^{ns}
Resíduo	27	0,0009	0,0002	0,0001	0,00003	0,0017	0,0006	0,0003	0,0001
CV(%)		49,78	36,56	36,26	23,39	50,23	45,36	25,71	19,95
Média (mm dia ⁻¹)		0,0602	0,0387	0,0276	0,0207	0,0821	0,0540	0,0673	0,0501

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

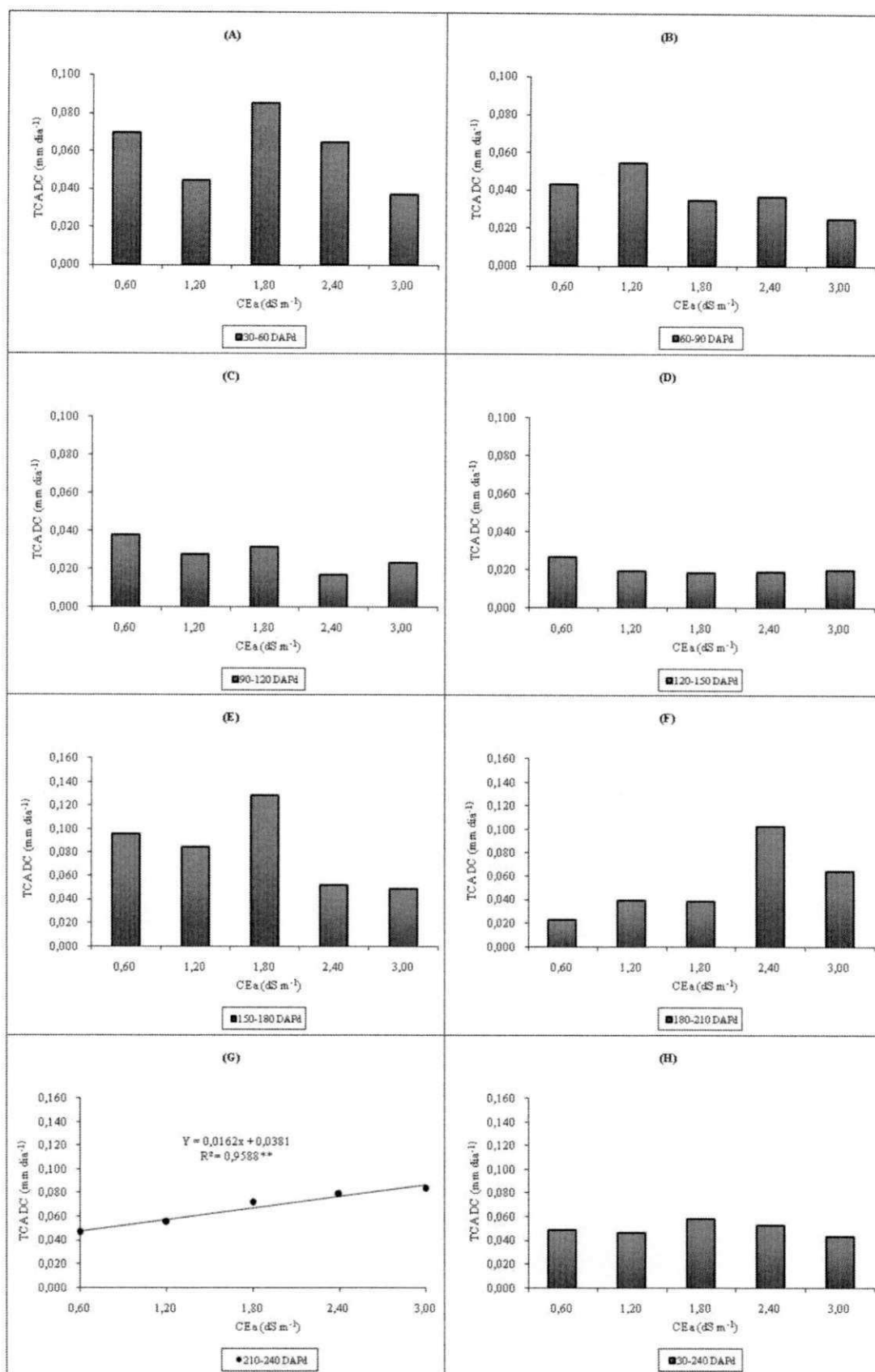


Figura 43 – Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansó em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.1.8 - Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC)

Apresenta-se na Tabela 58, o resumo das análises de variância para a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar, em vários períodos de crescimento. Dentre os períodos em que se fizeram as análises, somente no último período (210-240 DAPd), houve efeito significativo da salinidade da água, da mesma forma como ocorreu com a TCA DC.

Ainda pela Tabela 58, os valores médios de TCR de cada avaliação, expressos em $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, foram 0,0009, 0,0006, 0,0004, 0,0003, 0,0012, 0,0008, 0,0009 e 0,0007 nas avaliações ocorridas nos períodos 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 DAPd, respectivamente; as maiores taxas ocorreram entre 150-180 dias após a poda ($0,0012 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). No primeiro ciclo, as maiores taxas ocorreram nas fases iniciais, decrescendo nas fases subsequentes, notadamente do primeiro para o segundo período (NERY, 2008). Segundo Larcher (2000), as reduções das taxas de crescimento vegetativo ao longo do ciclo, ocorrem em função da aceleração do crescimento produtivo e canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação.

Os dados de TCR DC de pinhão-manso, em cada período, estão ilustrados na Figura 44, onde melhor são visualizados os efeitos da salinidade da água de irrigação. No período em que houve efeito significativo ($P < 0,01$), ou seja, entre 210 e 240 DAPd (Figura 44G), verificaram-se efeitos lineares ($P < 0,01$), com acréscimos entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis crescentes de salinidade, de 31,03, 62,06, 93,09, 124,12%, o que implica na correspondência de 51,72% de acréscimo para cada unidade de CEa (dS m^{-1}). Nesse período, também ocorreu efeito significativo da TCA DC (Figura 43G).

No primeiro ciclo experimental, no tempo total da pesquisa (37 – 163 DAS), Nery (2008) registrou TCR DC média de $0,011296 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, superior à média observada neste segundo ciclo, $0,0007 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (30-240 DAPd), fato explicável, visto que no início do ciclo, ou seja, quando são mais jovens, as plantas têm maior capacidade para investir em seu crescimento, com maior potencial de formar tecidos novos a partir dos preexistentes.

Tabela 58 - Resumo das análises de variância e médias para a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) de plantas do pinhão-mansó em oito períodos (30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, 210-240 e 30-240 dias após a poda – DAPd). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCR DC 30-60 DAPd	TCR DC 60-90 DAPd	TCR DC 90-120 DAPd	TCR DC 120-150 DAPd	TCR DC 150-180 DAPd	TCR DC 180-210 DAPd	TCR DC 210-240 DAPd	TCR DC 30-240 DAPd
Nível salino (N)	4	3,57E-07 ^{ns}	7,70E-08 ^{ns}	2,57E-08 ^{ns}	6,75E-09 ^{ns}	7,82E-07 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	2,87E-07**	4,30E-09 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	1,13E-06**	1,70E-08 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Blocos	3	7,12E-08 ^{ns}	6,73E-08 ^{ns}	6,67E-10 ^{ns}	4,00E-09 ^{ns}	9,78E-07*	3,89E-07 ^{ns}	2,18E-07*	2,00E-09 ^{ns}
Resíduo	27	2,27E-07	5,23E-08	3,27E-08	6,08E-09	3,24E-07	1,41E-07	5,41E-08	1,20E-08
CV(%)		50,46	38,77	44,14	24,37	47,83	46,94	24,61	14,80
Média (mm mm⁻¹ dia⁻¹)		0,0009	0,0006	0,0004	0,0003	0,0012	0,0008	0,0009	0,0007

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

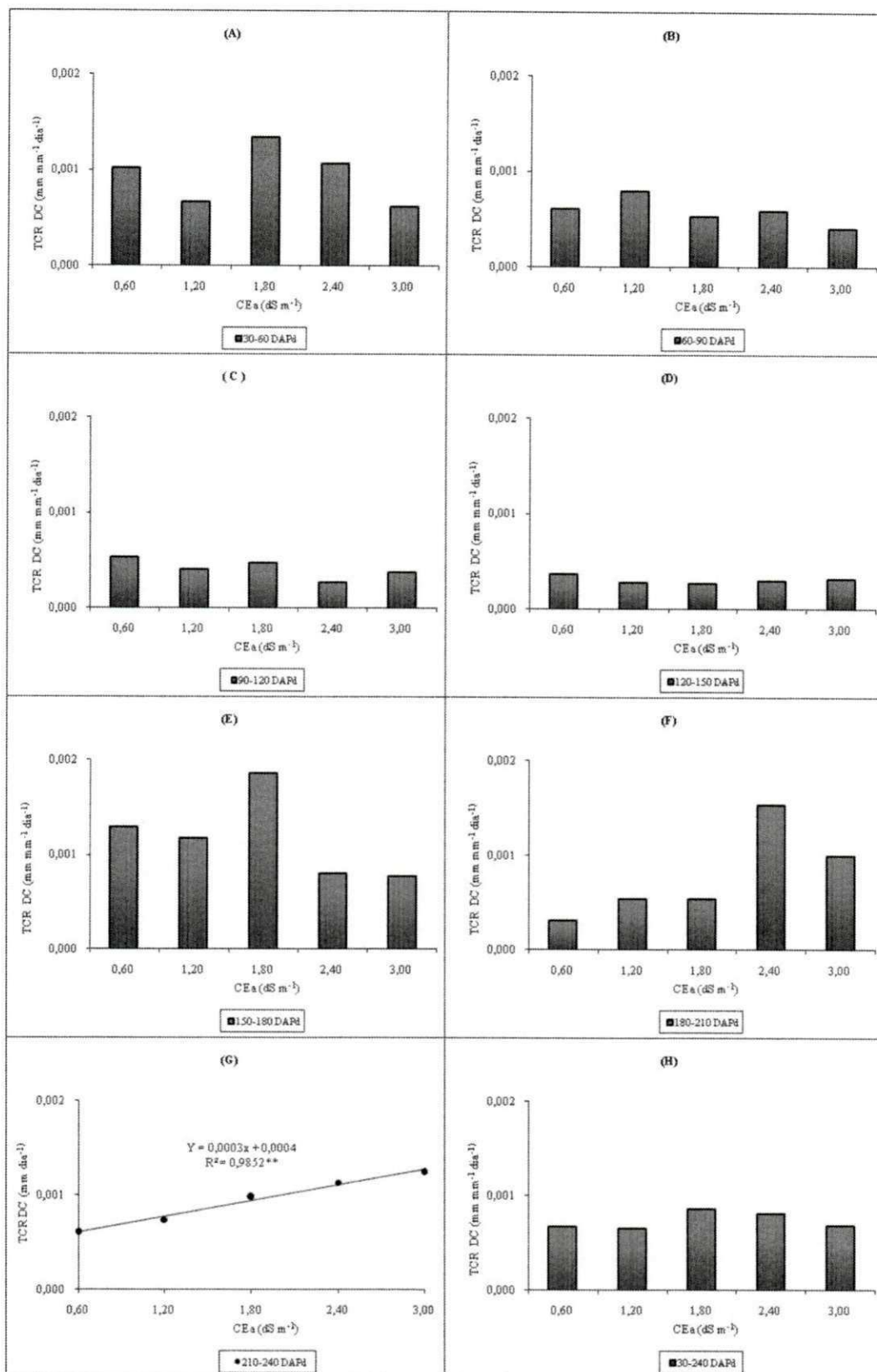


Figura 44 – Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansô em oito períodos, 30-60 (A), 60-90 (B), 90-120 (C), 120-150 (D), 150-180 (E), 180-210 (F), 210-240 (G) e 30-240 dias após a poda – DAPd (H), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.2 – Variáveis de reprodução e produção

5.2.2.1 – Início da floração e da frutificação

Para Arruda et al. (2004), o início da produção do pinhão-mansinho é por volta do décimo mês após o plantio mas, a produção só atinge a plenitude por volta do terceiro ou quarto ano, podendo chegar aos 40 anos de idade produzindo.

Conforme os resultados da Tabela 59, os níveis salinos afetaram o início da floração (emissão da primeira inflorescência), bem como, o início da frutificação ao nível de 0,01 de probabilidade. Segundo a regressão linear significativa e, equações matemáticas apresentadas na Figura 45A, deduziram-se acréscimos entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e N_5 ($3,00 \text{ dS m}^{-1}$) de 37,00% e 24,92%, para o início da floração e da frutificação, respectivamente. Para cada dS m^{-1} , os respectivos atrasos foram 15,42% e 10,38%. Pelas médias observadas, houve atraso de pelo menos 35 dias, no início da floração e da frutificação, entre as plantas irrigadas com $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,00 \text{ dS m}^{-1}$. Com base nos coeficientes angulares, constatou-se atraso de mais de 13 dias para cada dS m^{-1} ; entre o início da floração (105 dias) e início da frutificação (147 dias) decorreram 42 dias.

Nery et al. (2009a) observaram que a salinidade da água de irrigação ($3,00 \text{ dS m}^{-1}$, em relação a $0,60 \text{ dS m}^{-1}$) não afeta o início da floração das plantas de pinhão-mansinho, que ocorreu por volta dos 95 dias após a semeadura, independente da CEa. Neste segundo ciclo, o início da floração ocorreu 10 dias mais tardio, em relação ao primeiro ciclo.

Durante o primeiro ciclo, o atraso foi da ordem de 3 dias para o início da floração (93 a 96 DAS) e 9 dias para o início da frutificação (126 a 135 DAS); decorreram 38 dias entre o início da floração (95 dias, em média) e início da frutificação (133 dias, em média) (NERY, 2008), mais curto que no segundo ciclo.

Nunes, Almeida & Almeida (2009) verificaram, em condições de campo, que aos 161 dias após o plantio, 66 % das plantas de pinhão-mansinho já havia emitido inflorescências.

Silva et al. (2008) verificaram, em mamoneira, atraso no início da floração com o aumento da CEa e, Rodrigues (2000), em pesquisa com arroz inundado, também notou atraso médio de 11 dias no início da floração das plantas irrigadas com água de CE de $5,00 \text{ dS m}^{-1}$ em relação às plantas irrigadas com $1,00 \text{ dS m}^{-1}$.

5.2.2.2 – Início e final da maturação

Verificam-se que os resultados do **início da maturação** e **final da maturação** são similares sob todos os aspectos, conforme dados apresentados na Tabela 59. Tanto o início como final da maturação foram afetados, linearmente, pela CEa, ocorrendo atraso na proporção em que se aplicava água mais salina. Mediante análise da Figura 45B, entre N_1 e os demais níveis, verificaram-se os seguintes acréscimos: 5,06, 10,12, 15,18 e 20,24% para o início da maturação. De forma semelhante, o final da maturação foi também afetado, linearmente, pela CEa, com ocorrência de atrasos semelhantes. Entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis verificaram-se os seguintes acréscimos: 4,65, 9,30, 13,95 e 18,60%. Tanto para o início como para o final da maturação houve atraso médio de 37 dias entre os tratamentos extremos de CEa, ou seja, entre $0,60$ e $3,00 \text{ dS m}^{-1}$, ou ainda, cerca de 15 dias para cada dS m^{-1} ($37 \text{ dias}/2,4 \text{ dS m}^{-1}$).

Nery (2008) verificou que o início da maturação se deu, em média, aos 169 DAS, enquanto o final ocorreu por volta dos 179 a 180 DAS, ou seja, a maturação dos frutos, durante o primeiro ciclo, aconteceu dentro de 10 a 11 dias, em média, quando a casca do fruto se encontrava completamente amarela.

Com base nos resultados o período de maturação dos frutos do pinhão-manso ocorreram dentro de 9 a 10 dias, independente do nível salino. Em média, os frutos iniciaram a maturação ao 188 DAPd e completaram a maturação aos 198 DAPd. Deduz-se que no segundo ciclo, conduzido sob sistema de poda, a fase reprodutiva é mais tardia.

Tabela 59 - Resumo das análises de variância e médias para as variáveis de maturação do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		Início da Floração	Início da Frutificação	Início da Maturação	Final da Maturação
Nível salino (N)	4	5601,0112**	5403,1870**	781,1125**	734,8437**
Regressão Linear	1	22007,7501**	19800,0150**	2984,2562**	2814,0062**
Regr. Quadrática	1	236,1171 ^{ns}	948,1780 ^{ns}	51,1116 ^{ns}	45,5402 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	58,0556 ^{ns}	837,3510 ^{ns}	87,0250 ^{ns}	79,8062 ^{ns}
Regressão 4º Grau	1	102,1220 ^{ns}	27,2050 ^{ns}	2,0571 ^{ns}	0,0223 ^{ns}
Blocos	3	111,5400 ^{ns}	175,9915 ^{ns}	103,1458 ^{ns}	100,6833 ^{ns}
Resíduo	27	103,0332	241,6125	85,1042	90,3187
CV(%)		9,70	10,59	4,91	4,82
Média (DAPd)		104,6300	146,7250	187,9250	197,2500

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

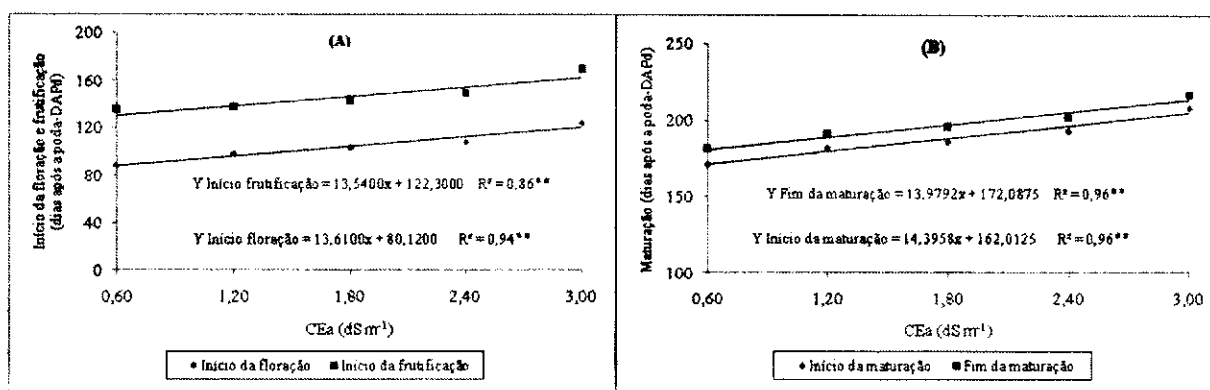


Figura 45 – Início da floração e frutificação (A) e início e fim da maturação do pinhão-mansão (B), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.2.3. - Número de cachos por planta

A produção de pinhão-mansão varia, diretamente, com o número de cachos produzidos por planta, daí ser uma das variáveis mais importantes. É sabido que a produção depende de vários fatores e que o potencial produtivo só é manifestado se todos os fatores estiverem otimizados, dentre os quais citam-se: clima da região, qualidade da semente, sistema de produção, fitossanidade, fertilidade do solo, dentre outros.

Os níveis salinos afetaram, significativamente, o número de cachos, ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 60), cujos dados se ajustaram melhor ao modelo quadrático (Figura 46A). Mesmo sob comportamento quadrático, estimam-se decréscimos entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os sucessivos níveis crescentes de 37,57%, 65,57%, 84,01%, 92,88%. O aumento da CEa na água de irrigação resultou em queda na produção das plantas; as irrigadas com água de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ até os 240 dias após a poda, produziram 1, ou no máximo, 2 cachos.

Nery et al. (2009b) concluíram, no primeiro ciclo de produção, não serem afetados o número de cachos e o número de frutos por planta, até o nível salino de $1,80 \text{ dS m}^{-1}$, sendo esse valor considerado como a salinidade limiar da água de irrigação para esses componentes de produção.

5.2.2.4 - Peso médio de cascas, sementes e frutos

Houve efeito quadrático da CEa sobre a fitomassa de cascas, sementes e frutos, ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 60).

O desempenho das plantas submetidas aos diferentes níveis salinos está representado na Figura 46 B, 46 C, 46 D. Os resultados se ajustaram a regressões quadráticas ($P < 0,01$), com elevados coeficientes de determinação (R^2) que explicam o elevado grau de associação entre a CEa e os valores relativos a essas variáveis de produção. Embora com efeito quadrático, conferem-se decréscimos, com o incremento da salinidade da água, sobre o peso médio de

cascas, sementes e frutos. Os decréscimos entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e N_5 ($3,00 \text{ dS m}^{-1}$), para essas variáveis, foram da ordem de 97,00%, cerca de 40,42% para cada dS m^{-1} .

Nery (2008) verificou, durante o primeiro ciclo, que as biomassas de frutos, cascas e sementes do primeiro cacho, não foram afetados pela condutividade elétrica da água de irrigação, notando-se, inclusive, incremento dessas variáveis até o nível de $1,80 \text{ dS m}^{-1}$. Notou-se maior sensibilidade das plantas de pinhão-manso no segundo ciclo, quando comparado ao primeiro ciclo.

Analisando-se a média geral (Tabela 60) da fitomassa de cascas (35,94g) e da fitomassa de sementes (66,25g), deduz-se que as cascas e sementes representam 35,00% e 65,00% da fitomassa total dos frutos, respectivamente.

Durante o primeiro ciclo, Nery (2008) estimou a biomassa de frutos do primeiro cacho resultando em 35,50 g em média, sendo aproximadamente, 29,60% de casca (10,50 g) e 70,40% de semente (25,00 g), nesse caso, as sementes tiveram maior contribuição no peso dos frutos.

Carneiro et al. (2009) concluíram que a aplicação de águas a partir de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ de salinidade inibe a formação de fitomassas e os efeitos são mais intensos sobre o sistema radicular que sobre a parte aérea, resultando em diminuição na relação raiz/parte aérea de *Jatropha curcas*.

Lima et al. (2008) afirmam ser possível obter produtividade de 500 kg/ha de semente de pinhão-manso na primeira colheita e de 975 kg/há na segunda colheita. Com base nesses dados, pode-se afirmar que o pinhão-manso pode vir a constituir uma fonte de matéria-prima para produção de biodiesel.

Nunes, Almeida & Almeida (2009) verificaram, em condições de campo, no primeiro ano de cultivo do pinhão-manso, produtividade média de 713,82 kg/ha no espaçamento 3,0m x 2,0m. Por outro lado, Soares et al. (2009) verificaram grande variabilidade na produção obtida de pinhão-manso, oscilando de 73,4g a 688,2g por planta, durante toda a safra produtiva, que ocorreu de novembro de 2008 a julho de 2009.

Trajano et al. (2009) observaram maiores produções de pinhão-manso, primeiro ano, quando as plantas receberam adubação química, com tendência de superar aquelas que receberam adubação orgânica feita com esterco bovino. As menores produções foram encontradas nas plantas que cresceram em solo com fertilidade natural.

5.2.2.5 – Peso médio do fruto e da semente

O resumo das análises estatísticas de peso médio de fruto e peso médio da semente está na Tabela 60, sendo afetados, significativamente, pelos tratamentos ($P < 0,01$). Pelas mesmas razões expostas para as variáveis anteriores, os dados de peso unitário do fruto se ajustaram melhor ao modelo matemático quadrático (Figura 46E), enquanto os dados de peso médio da semente, se ajustaram ao modelo linear (Figura 46F).

Com base nas médias observadas, as plantas irrigadas com água de CE de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ ($0,75\text{g}$) tiveram redução de $67,00\%$ sobre o peso médio do fruto, quando comparadas às irrigadas com água de CE de $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ ($2,26\text{g}$), correspondente à redução de $27,92\%$ para cada unidade de aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

Utilizando-se da equação linear, apresentada na Figura 46 F, estima-se que o peso médio da semente teve redução de $49,44\%$, nas plantas irrigadas com água de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$, comparadas às irrigadas com água de $0,60 \text{ dS m}^{-1}$. Esse efeito pode ser explicado em função do coeficiente angular ($-0,352$) que implica na redução de $0,352 \text{ g}$ no peso da semente para cada dS m^{-1} .

Veras et al. (2011) observaram que o pinhão-mansão pode ser classificado como tolerante à salinidade, com produção de sementes favorecida até $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e, que a maior produção de sementes é obtida com água salina de $2,28 \text{ dS m}^{-1}$. No primeiro ciclo, Nery (2008) elegeu como salinidade limiar da água de irrigação o valor de $1,80 \text{ dS m}^{-1}$. No segundo ciclo, notou-se, ainda, maior sensibilidade, quando comparada ao primeiro ciclo.

5.2.2.6 – Número de frutos

Ainda pela Tabela 60, o número médio de frutos também foi, significativamente, afetado pela salinidade da água de irrigação ($p < 0,01$). Para essa variável, os dados também foram ajustados ao modelo linear, explicando melhor as respostas das plantas de pinhão-mansão (Figura 46G). Os decréscimos lineares entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis foram $24,25$, $48,50$, $72,75$, $97,00\%$, cerca de $40,42\%$ de redução por incremento unitário na CEa ou, pelo coeficiente angular, $47,33$ frutos por dS m^{-1} .

Durante o primeiro ciclo, Nery (2008), com base nos resultados obtidos, elegeu $1,80 \text{ dS m}^{-1}$, como a salinidade limiar da água de irrigação, uma vez que em valores maiores de CEa ocorreu queda de produção. Já nesta pesquisa (segundo ciclo com plantas podadas), pelos resultados obtidos para as variáveis de fitomassa (variáveis antecedentes), bem como, para o número de frutos, nota-se elevada sensibilidade do pinhão-mansão à salinidade da água de irrigação que contribuiu para a queda de produção.

Tabela 60 - Resumo das análises de variância e médias para as variáveis dos componentes de produção do pinhão-mansó (número de cachos, peso médio de cascas, peso médio de sementes, peso médio de frutos, peso médio de 1 fruto, peso médio da semente e número médio de frutos). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios						
		Nº de Cachos	Peso médio de cascas	Peso médio de sementes	Peso médio de frutos	Peso médio de 1 fruto	Peso Médio da Semente	Nº médio de frutos
N. sal. (N)	4	1211,21**	5322,73**	23423,20**	50386,30**	1,9719**	1,3350**	8280,80**
Reg. Linear	1	571,13**	1084,40*	5220,65*	8901,32*	0,8558**	4,2438**	31691,60**
Reg. Quadr.	1	4250,32**	19599,51**	86991,97**	189326,92**	7,0314**	0,8132**	297,78 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	10,22 ^{ns}	282,23 ^{ns}	217,16 ^{ns}	927,95 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,1700 ^{ns}	276,90 ^{ns}
Reg. 4º G.	1	13,18 ^{ns}	324,80 ^{ns}	1263,02 ^{ns}	2389,035 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,1130 ^{ns}	856,91 ^{ns}
Blocos	3	9,08 ^{ns}	274,49 ^{ns}	1335,90 ^{ns}	2935,71 ^{ns}	0,0247 ^{ns}	0,0603 ^{ns}	577,40 ^{ns}
Resíduo	27	3,3162	148,71	732,60	1484,69	0,0375	0,0509	236,07
CV(%)		32,66	33,93	40,85	37,36	14,74	17,52	25,48
Média		--		.....g.....				--
		5,575	35,94400	66,25350	102,1966	1,30484	1,2876	60,30000

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

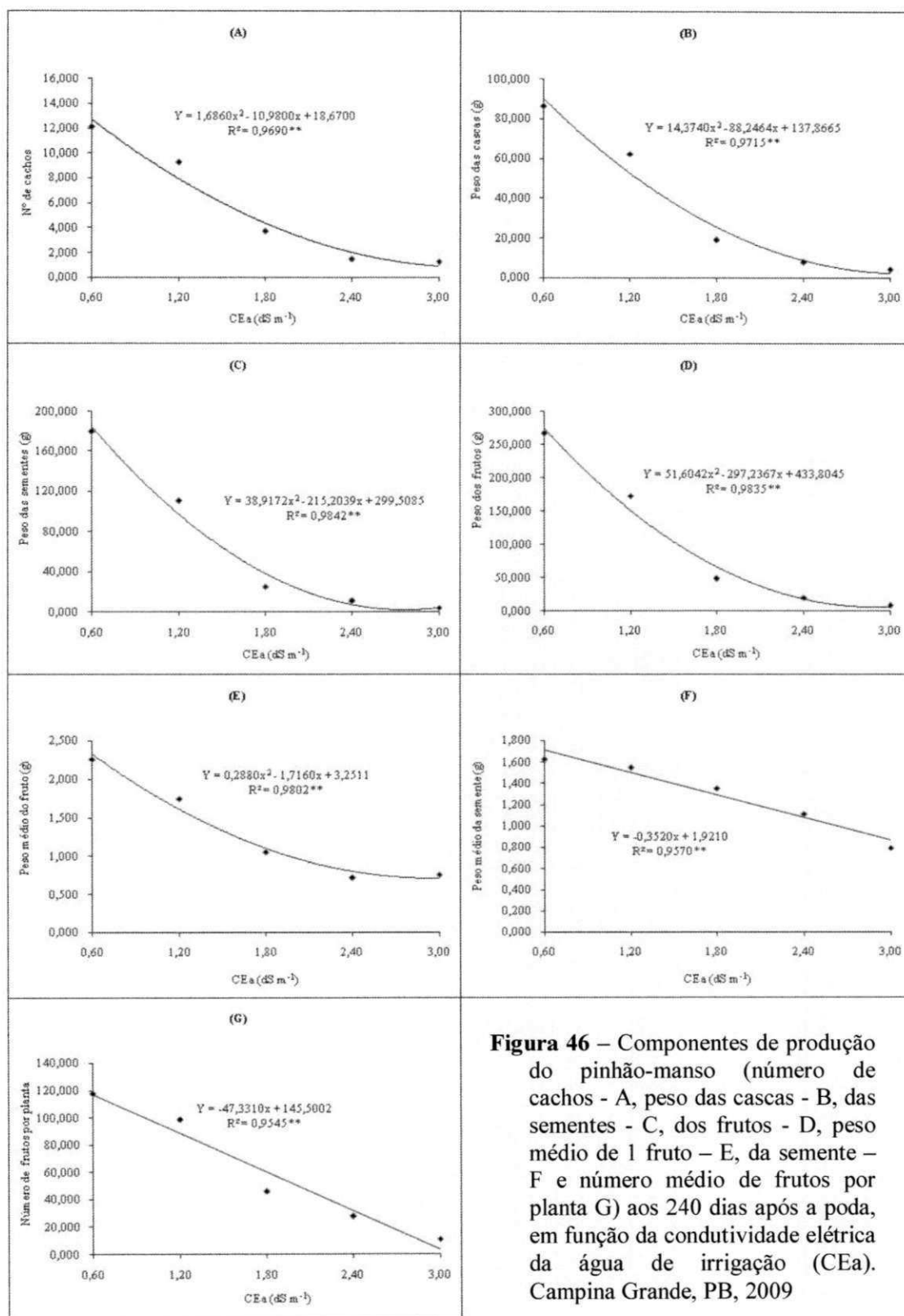


Figura 46 – Componentes de produção do pinhão-mansó (número de cachos - A, peso das cascas - B, das sementes - C, dos frutos - D, peso médio de 1 fruto – E, da semente – F e número médio de frutos por planta G) aos 240 dias após a poda, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.3 - Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad)

O resumo das análises de variância para a CEad é encontrado na Tabela 61, na qual se verificam efeitos altamente significativos ($P < 0,01$) dos níveis salinos.

Nesta pesquisa, as irrigações eram programadas para obtenção das frações de lixiviação (FL) 4,00, 8,00, 12,00, 16,00 e 20,00% para os sucessivos níveis crescentes de CEa (0,60, 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 dS m⁻¹). No final da pesquisa, as correspondentes frações de lixiviação, foram em média 6,15, 8,70, 11,35, 15,10 e 18,75%, portanto, as frações de lixiviação médias, obtidas nos tratamentos N₁ (FL = 6,15%) e N₂ (FL = 8,70%), foram maiores que as planejadas, enquanto nos demais tratamentos, a correspondente FL foi menor que a inicialmente projetada.

Nery (2008), no primeiro ciclo desta pesquisa, ao final dos 163 DAS, verificou as seguintes frações de lixiviação: 6,00, 7,50, 8,25, 13,00 e 16,25%.

Observa-se, na Tabela 61 e Figura 47, que os resultados da CEad resultaram em modelo matemático quadrático ($P < 0,01$), entretanto, com acréscimo superior a 80% de N₁ (0,60 dS m⁻¹) para N₅ (3,00 dS m⁻¹). Nota-se, na Figura 47, tendência de estabilidade no aumento da CEad, a partir do tratamento com 2,40 dS m⁻¹, devido à maior lavagem dos sais provocada pelas maiores frações de lixiviação.

Segundo Nery (2008), no primeiro ciclo, essa estabilidade foi verificada a partir de 1,80 dS m⁻¹; as FL médias serem inferiores às obtidas nesta pesquisa.

O fator de concentração de sais na água de drenagem ($FC = CEad/CEa$) relacionou-se, inversamente, com a fração de lixiviação, reduzindo-se com o incremento da CEa; com base nas médias, obteve-se FC de 11,54, 8,18, 6,08, 4,95 e 4,38 para os tratamentos 0,60, 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 dS m⁻¹, respectivamente. Na medida em que se aumentava a salinidade da água de irrigação (CEa), como previsto, ocorreu aumento na salinidade da água de drenagem (CEad), mesmo se aplicando maiores FL. Comportamento similar foi observado no primeiro ciclo.

Vale salientar que o fator de concentração é apenas uma relação e, por si só não dá dimensão da quantidade de sais removidos na água de drenagem, uma vez que não está implícito o volume de água drenado. Nas condições da pesquisa, por exemplo, para cada 1 L de drenagem, aplicando-se a equação $TSD (g L^{-1}) = 0,640 \times CEa$, pode-se estimar 4,43g de sais removidos pela água de drenagem no tratamento 0,60 dS m⁻¹ (CEad = 6,92 dS m⁻¹) e 8,40g de sais no tratamento 3,00 dS m⁻¹ (CEad = 13,13 dS m⁻¹).

Carneiro (2008), em estudos de salinidade em cajueiro anão precoce, também observou relação inversa entre o fator de concentração e a fração de lixiviação.

Tabela 61 - Resumo das análises de variância e médias para a variável condutividade elétrica da água de drenagem (CEad). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios
		CEad
Nível salino (N)	4	22,271**
Regressão Linear	1	23,461**
Regressão Quadrática	1	64,836**
Regressão Cúbica	1	0,727 ^{ns}
Regressão de 4º grau	1	0,061 ^{ns}
Blocos	3	1,546**
Resíduo	27	0,194
CV(%)		4,17
Média (dS m ⁻¹)		10,5394

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

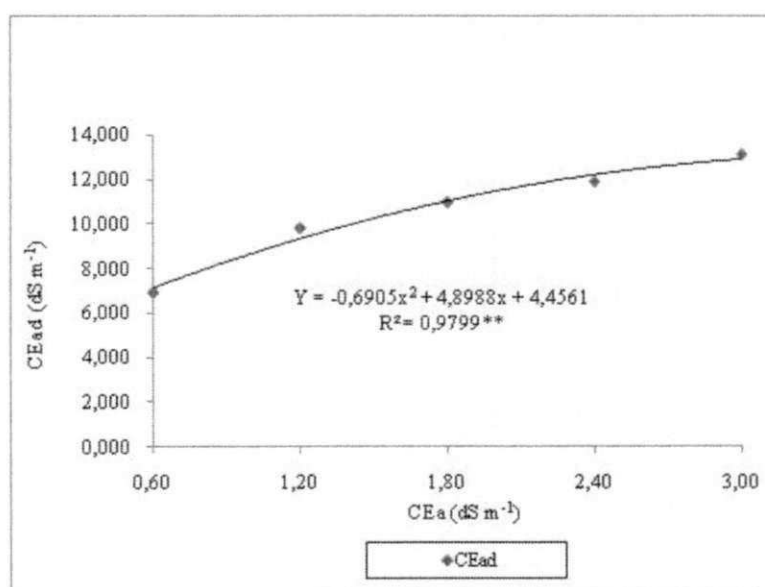


Figura 47 – Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad). Campina Grande, PB, 2009

5.2.4 - Evapotranspiração diária da cultura - ETC

A evapotranspiração de uma cultura é função direta das condições climáticas do local, da disponibilidade hídrica no solo e da capacidade de resistência da planta à perda de água através das folhas.

De acordo com a Tabela 62, onde está o resumo das análises de variância e médias da evapotranspiração da cultura, houve efeito significativo da condutividade elétrica da água, em todas as etapas.

Nota-se na Figura 48, excetuando-se a segunda avaliação, que os modelos matemáticos com equações lineares foram mais explicativos, pela maior associação da ETC com a CEa. As taxas de evapotranspiração da cultura (calculadas pela Eq. 13) a partir de 90 DAPd,

diminuíram, proporcional e linearmente, com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação.

Percebe-se que no primeiro mês (Figura 48 A) houve incremento na ETc com o aumento da salinidade. Verificou-se acréscimo aproximado de 28 mL dia⁻¹ para cada incremento unitário da CEa, ou 15,56% entre N₁ (0,60 dS m⁻¹) e N₅ (3,60 dS m⁻¹), ou seja, cerca de 6,48% para cada unidade de CEa (dS m⁻¹). Este resultado está coerente com aqueles reportados para número de folhas e área foliar, aos 30 DAPd, que também progrediram lineamente com a salinidade (Figura 37 A e 39 A).

Aos 60 DAPd (Figura 48 B), constatou-se efeito quadrático da CEa sobre a ETc. Com base na equação, maior evapotranspiração (0,758 L/dia/planta) foi registrada com a CEa de 1,806 dS m⁻¹.

Empregando-se os modelos matemáticos (Figura 48 C, D, E, F, G, H), foram estimados os decréscimos entre N₁ e N₅, nos sucessivos períodos de avaliação, em 49,92% (90 dias), 80,76% (120 dias), 65,36% (150 dias), 22,96% (180 dias), 23,84 (210 dias) e 18,64% (240 dias), aumentando os efeitos até 120 dias após a poda e diminuindo, em seguida.

Ainda mediante análise da Figura 48 C, D, E, F, G, H, as respectivas reduções na ETc para cada unidade de CEa foram 0,367, 0,696, 0,525, 0,286, 0,305 e 0,236 L dia⁻¹ planta⁻¹ aos 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAPd.

No primeiro ciclo, as reduções entre os tratamentos 0,60 e 3,00 dS m⁻¹ estiveram entre 7,22 e 59,44%, intensificando ao longo do tempo (NERY, 2008).

Silva et al. (2008) verificaram, em mamoneira, redução linear no consumo de água com o aumento da CEa, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa com pinhão-manso.

Na Figura 49 percebe-se ter sido maior a evapotranspiração, na proporção em que as plantas eram irrigadas com água de menor CE. As plantas aumentaram o consumo até os 90 dias. Entre esta data e 150 dias, verificaram-se pequenas variações, exceto nas plantas irrigadas com 0,60 dS m⁻¹ que aumentaram o consumo de água entre 90 e 120 dias para, em seguida, diminuir consumo. Entre 150 e 180 DAPd, as plantas tiveram um aumento exponencial no consumo de água e, a partir daí, houve constância na evapotranspiração que variou entre 2,30 a 3,00 L dia⁻¹, conforme os tratamentos.

No primeiro ciclo, a intensidade da evapotranspiração aumentou com a idade da planta (crescimento e desenvolvimento), a taxa média diária variou entre 3,30 mm (no primeiro período) a 8,17 mm (no último período), com média geral de 5,72 mm dia⁻¹. No segundo ciclo,

verificou-se maior amplitude nas taxas diárias de ETc, variando de 1,74 mm dia⁻¹ (30 DAPd) a 10,43 mm dia⁻¹, (240 DAPd), com média de 6,22 mm dia⁻¹ (Tabela 62).

Tabela 62 - Resumo das análises de variância e médias para a variável evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios							
		ETc 30 DAPd	ETc 60 DAPd	ETc 90 DAPd	ETc 120	ETc 150 DAPd	ETc 180 DAPd	ETc 210 DAPd	ETc 240 DAPd
Nível salino (N)	4	0,0035 ^{ns}	0,0058 ^{ns}	0,5015**	2,2106**	1,1871**	0,4848**	0,3412**	0,2058**
Reg. Linear	1	0,01102*	3,0E-06 ^{ns}	1,9826**	8,8094**	4,7089**	1,8658**	1,3403**	0,8026**
Reg. Quadr.	1	0,0011 ^{ns}	0,0203*	0,0071 ^{ns}	0,0139 ^{ns}	0,0147 ^{ns}	0,0463*	0,0007 ^{ns}	0,0056 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,0000 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0083 ^{ns}	0,0123 ^{ns}	0,0091 ^{ns}	0,0193 ^{ns}	0,0233 ^{ns}	0,0024 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,0019 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,0079 ^{ns}	0,0068 ^{ns}	0,0157 ^{ns}	0,0078 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0128 ^{ns}
Blocos	3	0,0013 ^{ns}	0,0235**	0,0187*	0,0057 ^{ns}	0,0242*	0,0338*	0,0438 ^{ns}	0,0723 ^{ns}
Resíduo	27	0,0021	0,0041	0,0058	0,0037	0,00576	0,0080	0,0160	0,0381
CV(%)		9,98	8,91	5,74	4,95	5,85	3,42	4,67	7,08
Média (L dia⁻¹)		0,4606	0,7199	1,3254	1,2326	1,2974	2,6440	2,7067	2,7568
Média (mm dia⁻¹)		1,7435	2,7245	5,0165	4,6652	4,9105	10,0074	10,2445	10,4339

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

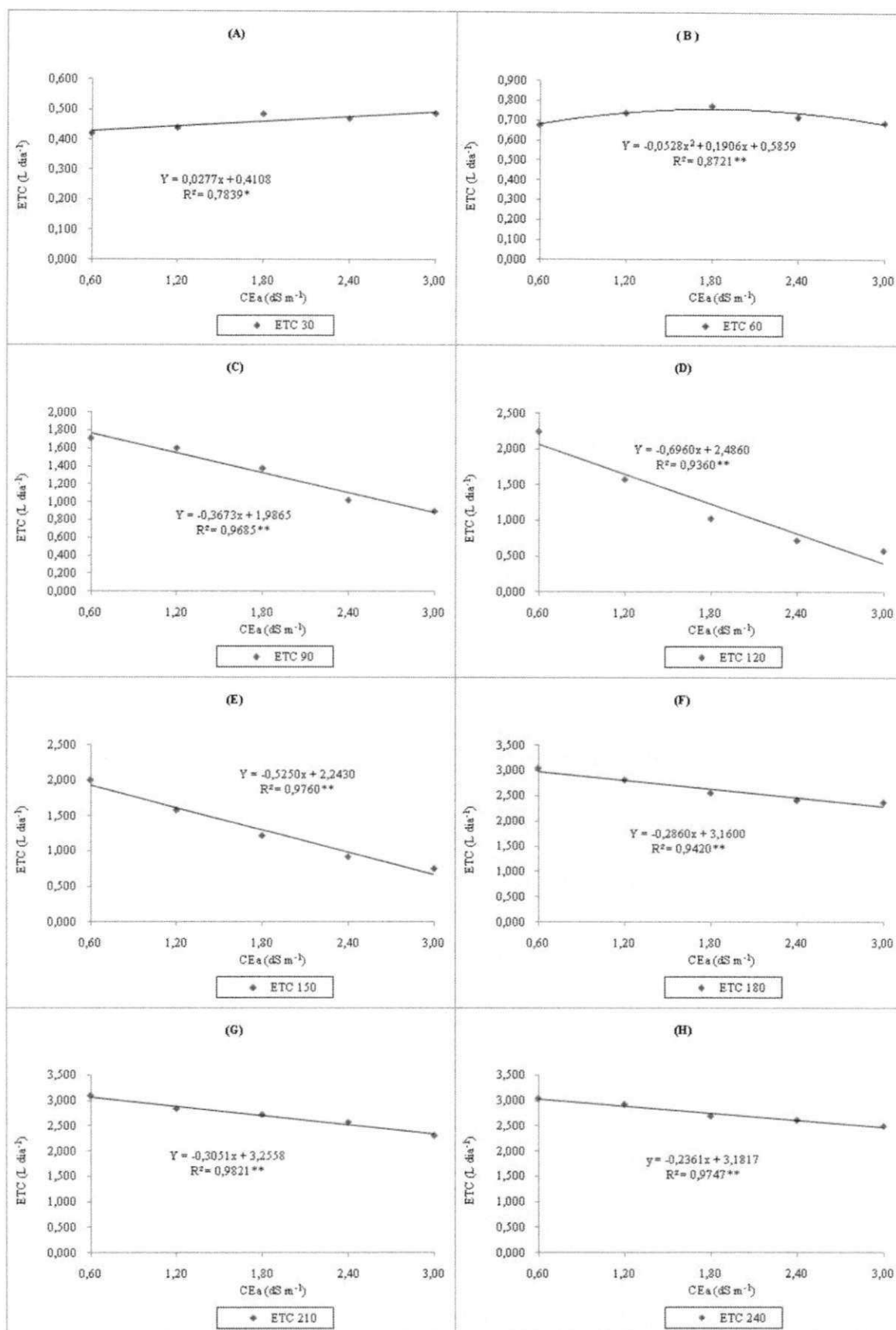


Figura 48 – Evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansó aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a poda – DAPd, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

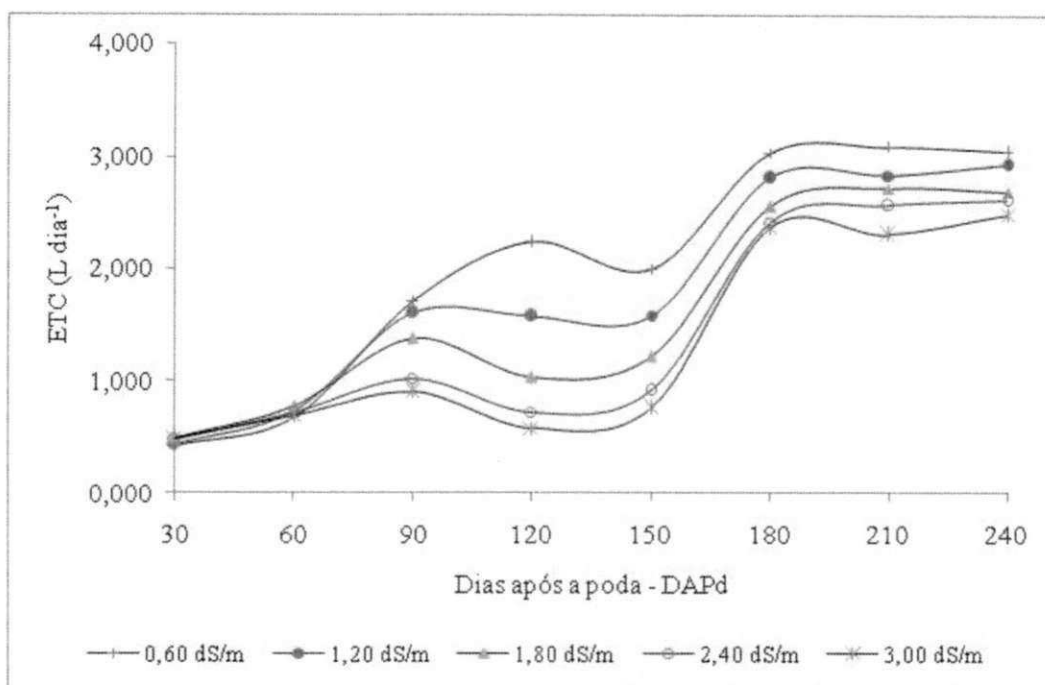


Figura 49 – Evolução da evapotranspiração da cultura - ET_c de plantas do pinhão-mansão ao longo do experimento (2º ciclo), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.5 - Salinidade do solo ao final do experimento

Amostras do material de solo foram retiradas na profundidade de 0-20 cm, no final do experimento (240 dias após a poda), com o objetivo de se avaliar os impactos da água de irrigação sobre atributos químicos do solo. Para tal, foram determinados a concentração de íons solúveis (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^-) e os valores de RAS, PST, CEes e pHes.

Observou-se, com base na média geral de cada variável (Tabela 63), a seguinte sequência de concentração no solo: $Cl^- > Na^+ > HCO_3^- > Ca^{++} \cong Mg^{++} > K^+$ ($29,05 > 17,39 > 10,00 > 9,40 \cong 9,22 > 0,36 \text{ mmolc L}^{-1}$). No primeiro ciclo, aos 163 dias após a semeadura, Nery (2008) observou sequência parecida (houve deslocamento do HCO_3^-) e, com base na média geral de cada variável, foi registrada a seguinte ordem de concentração no solo: $Cl^- > Na^+ > Mg^{++} > Ca^{++} > HCO_3^- > K^+$ ($19,04 > 14,19 > 4,61 \cong 4,37 > 1,75 > 0,68 \text{ mmolc L}^{-1}$). Nota-se uma evolução da salinidade do solo, entre os dois ciclos produtivos, com exceção do K^+ que teve maior concentração no primeiro ciclo.

Foram utilizados os sais $NaCl$, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ para se chegar aos valores de condutividade elétrica da água de irrigação, na qual os íons Na^+ , Ca^{++} e Mg^{++} se encontravam na proporção 7:2:1, justificando, em parte, a sequência acima relatada.

5.2.5.1 - Cátions e ânions solúveis (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^-)

Cálcio e magnésio (Ca^{++} , Mg^{++})

Analisando-se os resultados estatísticos apresentados na Tabela 63, observa-se efeito linear significativo da salinidade da água de irrigação sobre as concentrações de cálcio e magnésio solúveis no solo. A concentração de cálcio no solo progrediu na proporção em que se aumentava a salinidade da água de irrigação.

De acordo com a Figura 50A, entre as parcelas irrigadas com água de CEa 0,60 dS m^{-1} e os sucessivos níveis (1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 dS m^{-1}) a concentração de Ca^{++} aumentou em 17,21, 34,42, 51,63, 68,84%, já para a concentração de Mg^{++} os acréscimos foram menores, 8,26, 16,52, 24,78, 33,04%. Para cada unidade de incremento na CEa (dS m^{-1}), os acréscimos foram 28,68% e 13,77% para Ca^{++} e Mg^{++} , respectivamente. Com referência aos coeficientes angulares, a concentração de Ca^{++} e Mg^{++} aumentou, respectivamente, em 2,00 e 1,09 mmolc L^{-1} para cada unidade de CEa (dS m^{-1}). Apesar dessas diferenças, a concentração média geral de Ca^{++} foi 9,40 mmolc L^{-1} e, de Mg^{++} foi 9,22 mmolc L^{-1} , portanto semelhantes.

Durante o primeiro ciclo (aos 163 DAS), as concentrações de Ca^{++} e Mg^{++} no solo também aumentaram e com maior intensidade com a salinidade da água (392,24 e 226,44%), porém, com médias inferiores, 4,37 e 4,61 mmolc L^{-1} , respectivamente (NERY, 2008). Os sais vão se acumulando ao longo do tempo se não forem tomadas medidas preventivas, como lavagem (drenagem) dos sais. É bem provável que, em condições de campo, o acúmulo seja menor, tendo em vista a contribuição das chuvas para redução da salinidade.

Sódio (Na^+)

Em relação ao Na^+ solúvel (Tabela 63), nota-se ter sido o elemento mais influenciado pela CEa, por ter participado, em maior proporção, na composição da água de irrigação (7:2:1; Na:Ca:Mg).

A partir do modelo matemático, contido na Figura 50B, houve acréscimos progressivos entre N_1 (0,60 dS m^{-1}) e os demais níveis de salinidade, nas seguintes proporções: 48,52, 97,04, 145,56, 194,08%, correspondentes ao aumento de 80,87% por dS m^{-1} , ou, de acordo com o coeficiente angular, 7,14 mmolc L^{-1} para cada dS m^{-1} .

Nery (2008), durante o primeiro ciclo, observou grande aumento de Na^+ (505,59% entre 0,60 e 3,00 dS m^{-1}) com média geral de 14,19 mmolc L^{-1} . De mesma forma, como ocorrido com Ca^{++} e Mg^{++} , os efeitos de Na^+ foram mais intensos no primeiro ciclo, mas com média

inferior à registrada no segundo ciclo (17,39 mmolc L⁻¹), ratificando o acúmulo da salinidade ao longo do tempo.

A lixiviação pode ser praticada para prevenir ou corrigir os problemas de toxidez já existentes; a adoção de culturas mais tolerantes e o aumento da lixiviação implicam, em alguns casos, na realização de mudanças importantes no sistema de produção (AYERS & WESTCOT, 1999). Portanto, os incrementos acima reportados poderiam ser ainda maiores, se não fossem adotadas frações maiores de lixiviação para os tratamentos com maiores de CE (sub item anterior), uma vez que o acúmulo de sais, provocado pela água de determinada salinidade, é tanto maior quanto menor for a fração de lixiviação, notadamente na rizosfera.

Concentrações elevadas de sódio podem afetar a produtividade das culturas, seja de forma direta, dificultando a absorção de água e de nutrientes pela planta, ou indireta, causando dispersão de argilas, desestruturação do solo e prejudicando a circulação de água, oxigênio e crescimento das raízes.

Potássio (K⁺)

A concentração de potássio solúvel no solo não foi influenciada pela salinidade da água de irrigação. Registrou-se como valor médio, a concentração de 0,36 mmolc L⁻¹, com pouca variação entre os diferentes tratamentos, como é notável na Figura 50C.

Durante o primeiro ciclo, sob as mesmas condições de salinidade, Nery (2008) também verificou ausência de efeitos significativos, entretanto, as concentrações foram maiores, resultando, em média, no valor de 0,68 mmolc L⁻¹.

Cloro e bicarbonato (Cl⁻, HCO₃⁻)

Para esses íons, foram observados efeitos lineares, altamente significativos da salinidade da água de irrigação (Tabela 63). Vê-se que a concentração de Cl⁻ foi maior (29,05 mmolc L⁻¹, em média) que a de HCO₃⁻ (10,00 mmolc L⁻¹, em média).

Utilizando-se das equações matemáticas, contidas na Figura 50D, deduz-se maior variação para Cl⁻, ou seja, foram maiores os acréscimos. Enquanto para cloro houve um incremento de 38,16%, entre dois níveis sucessivos, para o bicarbonato o acréscimo foi de 29,22%, ou seja, 63,60 e 48,70% por dS m⁻¹, respectivamente. Paralelamente, pode-se afirmar que para cada incremento unitário de CEa, houve acréscimo de 10,48 e 3,08 mmolc L⁻¹, para Cl⁻ e HCO₃⁻, respectivamente.

A exemplo das variáveis anteriores, durante o primeiro ciclo, segundo Nery (2008) as concentrações de Cl^- e HCO_3^- foram 19,04 e 1,75 mmolc L^{-1} , respectivamente, reforçando que a salinidade evolui com o tempo.

Tabela 63 - Resumo das análises de variância e médias para as variáveis de salinidade do solo (0-20 cm) aos 240 dias após a poda -DAPd (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^-). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		Ca^{++} (mmolc L^{-1})	Mg^{++} (mmolc L^{-1})	Na^+ (mmolc L^{-1})	K^+ (mmolc L^{-1})	Cl^- (mmolc L^{-1})	HCO_3^- (mmolc L^{-1})
Nível salino (N)	4	14,8862 ^{ns}	4,3267*	202,9318**	0,0049 ^{ns}	424,7844**	34,9255**
Regressão Linear	1	35,3628*	17,0825**	733,2497**	0,0031 ^{ns}	1581,3062**	136,1610**
Regressão Quadrática	1	6,3450 ^{ns}	0,0240 ^{ns}	58,3848 ^{ns}	0,0141 ^{ns}	103,1428 ^{ns}	0,2578 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,1918 ^{ns}	0,0577 ^{ns}	2,3668 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	2,2562 ^{ns}	0,0903 ^{ns}
Regressão 4º Grau	1	17,6453 ^{ns}	0,1426 ^{ns}	17,7257 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	12,4321 ^{ns}	3,1929 ^{ns}
Blocos	3	18,0290 ^{ns}	8,9802**	38,9592 ^{ns}	0,0393 ^{ns}	62,1083 ^{ns}	2,5898 ^{ns}
Resíduo	27	6,3973	1,2716	16,5760	0,0144	31,7802	2,8982
CV(%)		26,92	12,23	23,42	33,51	19,41	17,02
Média (mmolc L^{-1})		9,3955	9,2190	17,3875	0,3585	29,0500	10,0050

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

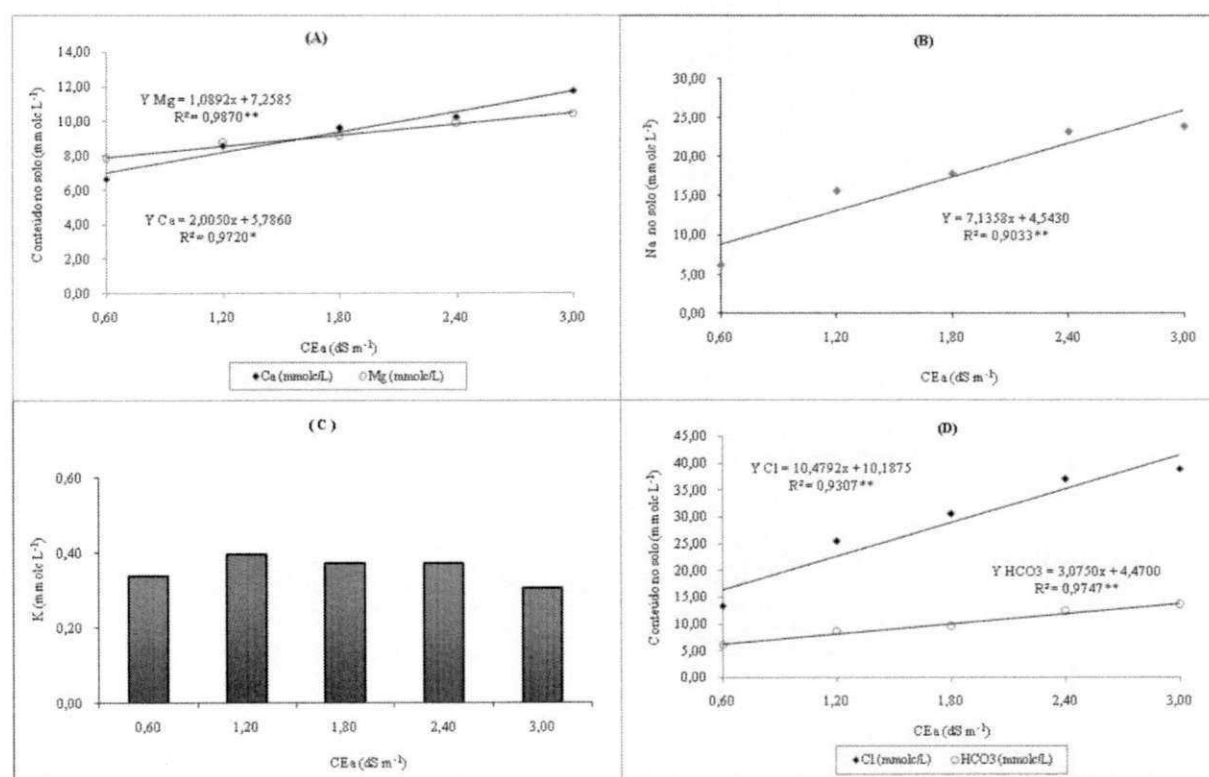


Figura 50 – Salinidade do solo (0-20 cm) aos 200 dias após a poda - DAPd (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- e HCO_3^-), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.5.2 - RAS, PST, CEes e pHes

RAS, PST e CEes

Verifica-se, a partir do resumo exposto na Tabela 64, que a relação de adsorção de sódio – RAS, percentagem de sódio trocável – PST e condutividade elétrica do extrato de saturação - CEes foram, significativamente, afetadas pela salinidade da água ($P < 0,01$).

Mediante a Figura 51A, 51B e 51C, percebe-se serem notórios os impactos sobre o solo, provocados pela salinidade da água. Fazendo uso das equações lineares pode-se estimar que a RAS, a PST e a CEes aumentaram em 65,48%, 83,52%, 54,02% para cada unidade de dS m^{-1} aumentado na água de irrigação.

De acordo com os coeficientes angulares (Figura 51), esses valores equivalem, ao incremento absoluto para cada unidade de dS m^{-1} de 2,04 (mmolc L^{-1})^{0,5} sobre a RAS, 2,68% sobre a PST e, 1,15 dS m^{-1} sobre a CEes. Em termos médios a RAS, a PST e a CEes foram 5,57 (mmolc L^{-1})^{0,5}, 6,42% e 3,52 dS m^{-1} , respectivamente.

Plantas como algodão, trigo, beterraba, amendoim e outras suportam condutividade elétrica do extrato de saturação na faixa de 10 a 20 dS m^{-1} , sendo classificadas como espécies tolerantes à salinidade (LARCHER, 2000). A mamoneira, que pertence à mesma família do pinhão-manso (*Euphorbiaceae*) é uma espécie sensível à presença de sais na água de irrigação, conforme resultados de Silva (2004) e Silva et al. (2008). A tolerância à salinidade também pode variar entre genótipos de uma mesma espécie e o estágio de desenvolvimento da planta (GHEYI, QUEIROZ & MEDEIROS, 1997).

Nery (2008) verificou acréscimos de 239,32% sobre a RAS, 299,79% sobre a PST e de 455,18% sobre a CEes, nas parcelas tratadas com água de 3,00 dS m^{-1} , em relação àquelas com 0,60 dS m^{-1} ; neste caso, para cada incremento unitário da CEa houve acréscimo de 99,72, 124,91 e 189,66% sobre a RAS, a PST e a CEes, respectivamente, indicando que o acúmulo de sais na solução do solo foi mais acentuado no primeiro ciclo, que nsta presente pesquisa (segundo ciclo). Esses efeitos são confirmados pela angulação das retas; enquanto no primeiro ciclo, os coeficientes angulares, relatados pela autora, foram 2,82, 3,61 e 1,23, no segundo ciclo, ou seja, na pesquisa em discussão, os coeficientes foram 2,04, 2,68 e 1,15 para RAS, a PST e CEes, respectivamente.

Esses efeitos somados aos efeitos verificados para os ânions e cátions, variáveis discutidas anteriormente, levam à constatação de ter a salinidade do solo, de fato, evoluído de um ciclo para outro.

A partir da relação $TSD (mmol_c L^{-1}) = 10 \times CEa (dS m^{-1})$, extraída de Rhoades, Kandiah & Mashali (2000), e, considerando a proporção 7:2:1 de Na:Ca:Mg, são obtidos como valores de RAS 4,43, 6,26, 7,67, 8,85 e 9,90 $(mmol L^{-1})^{1/2}$ para as soluções salinas de 0,60; 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 $dS m^{-1}$, respectivamente. Segundo Ayers & Westcot (1999), água com RAS > 9,00 é classificada como de risco severo. Portanto, apenas a água com CEa de 3,00 $dS m^{-1}$, utilizada nesta pesquisa, é classificada como de risco moderado.

pHes

Em conformidade com os resultados demonstrados na Tabela 64, nota-se não ter sido significativo o efeito da salinidade da água sobre o pH do extrato de saturação - pHes.

Observaram-se valores médios muito próximos a 5,00, entre os cinco níveis salinos. Mais precisamente, o pH oscilou entre 4,72 e 4,92, caracterizando a ausência de significância estatística (Figura 51D). Também, durante o primeiro ciclo, Nery (2008) verificou não ter sido afetado o pH do solo pelos níveis salinos, resultando em 5,37, como média.

De acordo com Dias et al. (2007) em solos ácidos, com pH abaixo de 4,50, as raízes do pinhão não se desenvolvem tornando-se conveniente a realização de calagem.

Por outro lado e se considerando as médias experimentais das variáveis CEes (3,52 $dS m^{-1}$), PST (6,42%) e pHes (4,77) e contrastando com os valores reportados por Richards (1977) (CEes < 4,00 $dS m^{-1}$, PST < 15,00% e pH < 8,50), constata-se que a utilização de água com CEa até 3,00 $dS m^{-1}$ não foi suficiente para tornar o solo salino nem salino-sódico; tal fato se deve, provavelmente, às frações de lixiviação - FL verificadas ao final da pesquisa (6,15, 8,70, 11,35, 15,10 e 18,75% para os tratamentos 0,60, 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 $dS m^{-1}$, respectivamente), que contribuíram para não ocorrer acúmulo de sais e sódio trocável no perfil do solo em níveis danosos.

Os resultados sugerem que a lixiviação dos sais do perfil do solo se faz necessária, sob pena de ocorrer dano às plantas (fitotoxicidade) e ao ambiente edáfico, ocasionado pela salinidade, principalmente pelo Na^+ solúvel, seja pela saturação da CTC e/ou degradação da estrutura do solo.

Tabela 64 - Resumo das análises de variância e médias para as variáveis de salinidade do solo (0-20 cm) aos 240 dias após a poda – DAPd (RAS, PST, CEes, pHes). Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		RAS	PST Estima	CEes	pHes
Nível salino (N)	4	16,7097**	29,0232**	5,3000**	0,0344 ^{ns}
Regressão Linear	1	61,0985**	105,3944**	19,1822**	0,0540 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	4,5881 ^{ns}	8,5011 ^{ns}	1,0320 ^{ns}	0,0547 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,5736 ^{ns}	1,1323 ^{ns}	0,0096 ^{ns}	0,0024 ^{ns}
Regressão 4º Grau	1	0,5787 ^{ns}	1,0652 ^{ns}	0,9763 ^{ns}	0,0266 ^{ns}
Blocos	3	2,2062 ^{ns}	3,6381 ^{ns}	1,2881 ^{ns}	0,0320 ^{ns}
Resíduo	27	1,3082	2,1921	0,4715	0,0512
CV(%)		20,53	23,05	19,50	4,74
Média		(mmolc L ⁻¹) ^{0,5} 5,5710	....%.... 6,4240	....dS m ⁻¹ 3,5218	– 4,7690

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

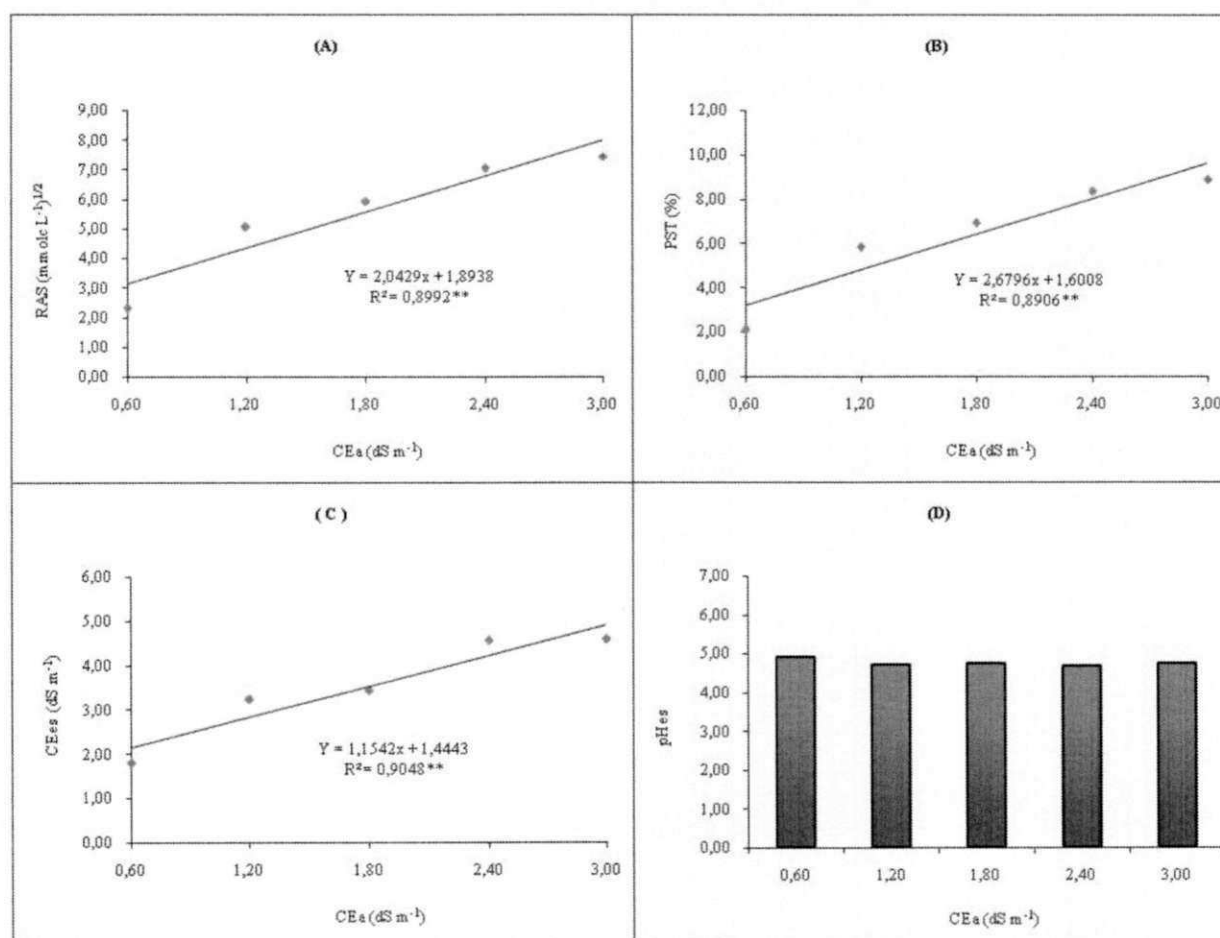


Figura 51 – Salinidade do solo (0-20 cm) aos 200 dias após a poda - DAPd (RAS, PST, CEes, pH da pasta de saturação), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.6 – Teores de macronutrientes em tecidos foliares

O resumo das análises de variância e as médias das concentrações de macronutrientes contidas nas folhas estão apresentados na Tabela 65. Houve efeito significativo sobre N, Ca Mg e S.

A ordem de concentração de nutrientes nas folhas foi $N > K > Ca > Mg > P > S$ com os respectivos valores médios 22,50, 13,18, 6,77, 4,17, 2,35 e 0,52 g kg⁻¹, indicando que os três nutrientes mais absorvidos foram N, K, e Ca. Lavres Júnior et al. (2005) observaram a mesma marcha de acumulação de nutrientes na cultivar 'Íris' de mamoneira, planta que tem a mesma afinidade botânica.

Sousa et al. (2009b), sob condições semelhantes, observaram sequência de acúmulo $K > N > Ca > Mg > P > S$, com o teor de K superando o teor de N; os autores concluíram que com exceção do cobre o teor de todos os elementos avaliados aumentaram com o acréscimo da salinidade da água de irrigação.

Os teores foliares de 40-50, 3-4, 30-40, 15-25, 2,5-3,5 e 3-5 g kg⁻¹ em N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, no limbo da quarta folha do ramo principal no início do florescimento são considerados adequados (MALAVOLTA, VITTI & OLIVEIRA, 1997).

Nitrogênio (N-foliar)

Houve efeito significativo dos níveis de reposição sobre o N-foliar após a decomposição dos graus de liberdade em regressões polinomiais (Tabela 65), com efeito linear significativo ao nível de 0,01 de probabilidade.

Pela Figura 52A, de acordo com a equação matemática, entre N_1 (0,60 dS m⁻¹) e os demais níveis os acréscimos foram de 6,06, 12,12, 18,18, 24,24%, respectivamente, equivalentes ao incremento de 10,10% para cada dS m⁻¹. Adicionalmente, a concentração de N-foliar (em média, 22,50 g kg⁻¹) aumentou em 2,03 g kg⁻¹ para cada dS m⁻¹. Esse comportamento foi inverso ao da produção de frutos. Provavelmente, a salinidade inibiu um maior aproveitamento de N para a produção, ou do contrário, dada a menor produção, houve reserva de N-foliar.

Sousa et al. (2009b) observaram efeito quadrático da salinidade da água sobre o teor de nitrogênio, com acréscimo no teor de N de 17,13, 26,48, 28,05 e 21,86% para as águas de condutividade elétrica de 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 dS m⁻¹, respectivamente, quando comparado com a água de CE de 0,60 dS m⁻¹, porém o ponto máximo foi obtido com uma água de irrigação de condutividade elétrica de 2,20 dS m⁻¹ (28,62 g kg⁻¹ de N).

De acordo com Malavolta, Vitti & Oliveira (1997), teores de N-foliar de 40-50 g kg⁻¹, no limbo da quarta folha do ramo principal no início do florescimento são considerados adequados. Portanto a concentração média (22,50 g kg⁻¹), registrada nesta pesquisa, denota estado nutricional inadequado, apesar das adubações de coberturas e adubações foliares realizadas mensalmente (Tabela 12).

Fósforo (P-Foliar)

Para a concentração de P-foliar não houve efeito significativo da CEa (Tabela 65). Mediante análise da Figura 52B, observa-se semelhança entre os teores médios dos tratamentos, entretanto com tendência de acréscimo com o aumento da CEa. A média geral foi $2,35 \text{ g kg}^{-1}$, dentro da faixa adequada ($0,5\text{-}3,0 \text{ g kg}^{-1}$) segundo Dechen & Nachtigal (2007). O acúmulo, ou mesmo tendência de acúmulo de P nas folhas de plantas sob estresse salino pode ser consequência da limitação do crescimento o que gera menor translocação.

Sousa et al. (2009b) verificaram que o teor de P-foliar foi influenciado, linearmente, pela salinidade da água de irrigação, o qual foi acrescido em 21,71% por aumento unitário na CEa, chegando, sob CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, a um teor de P de $5,21 \text{ g kg}^{-1}$, superior aos $2,35 \text{ g kg}^{-1}$, reportados nesta pesquisa. Salienta-se que os autores testaram duas doses deste nutriente, 135 g e 200 g P_2O_5 /planta, repercutindo em maiores concentrações.

Potássio (K-Foliar)

Segundo Malavolta (1989), o potássio é um dos macronutrientes exigidos pelas culturas em maior proporção e suas necessidades pelas plantas são muito maiores que as de fósforo, sendo portanto, exigido na mesma ordem de grandeza do nitrogênio quando se considera os teores desses elementos nos tecidos vegetais.

O K está associado à extensão celular, ao movimento de abertura e fechamento estomático e ao balanço de cargas no citoplasma (MARENCO & LOPES, 2007).

Também não se verificou efeito significativo da CEa sobre o conteúdo de K-Foliar (Tabela 65), cujas concentrações médias estão delineadas na Figura 52C. A concentração média observada foi cerca de $13,18 \text{ g kg}^{-1}$. Os teores médios de K-foliar, bem inferiores a $30,0 \text{ g kg}^{-1}$, podem ser considerados baixos e limitantes, portanto inadequados, segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997). Previamente a aplicação dos tratamentos, procedeu-se correção de acidez (pH inicial = 5,20) além das adubações durante o preenchimento dos lisímetros, em que se aplicaram 100, 300, 150 e 50 mg kg^{-1} de N, P_2O_5 , K_2O e S, respectivamente, conforme recomendação contida em Novais, Neves & Barros (1991). Por ocasião da aplicação dos tratamentos o solo encontrava-se com pH = 6,18 e com K = $3,00 \text{ mmolc kg}^{-1}$. Adicionalmente, seguiu-se um calendário de adubações foliares e de cobertura.

Sousa et al. (2009b) verificaram teores mais elevados de K-foliar e resposta quadrática para níveis salinos da água de irrigação, com um teor máximo de K ($32,63 \text{ g kg}^{-1}$) obtido com água de CE de $2,20 \text{ dS m}^{-1}$.

Cálcio e Magnésio (Ca-Foliar e Mg-Foliar)

Para esses dois macronutrientes foram detectados efeitos lineares significativos ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 65). Entretanto os efeitos foram inversos (Figura 52D), enquanto o conteúdo de cálcio foi incrementado com o aumento da CEa, o magnésio decresceu, linearmente e, praticamente na mesma proporção.

Utilizando-se das equações lineares, apresentadas na Figura 52D, calcula-se que o cálcio aumenta 5,56% de um nível salino para outro imediatamente maior, e o magnésio diminuiu 7,06% para um nível salino imediatamente inferior, correspondendo para cada unidade de dS m^{-1} , aumento de 9,27% para Ca-foliar e redução de 11,77% para Mg-foliar.

Resultados semelhantes no tocante ao Ca-foliar, foram reportados por Sousa et al. (2009b) ao registrarem acréscimo linear com o aumento da CE da água de irrigação, 12,37% por aumento unitário da CE da água, dando assim um incremento de 29,68% no teor de Ca das plantas irrigadas com água de CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ($20,48 \text{ g kg}^{-1}$), em comparação com o teor das plantas irrigadas com água de CE de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ($15,79 \text{ g kg}^{-1}$).

Ainda de acordo com os modelos matemáticos (Figura 52D), para o incremento de 1 dS m^{-1} na CEa, o conteúdo foliar de cálcio aumenta $0,56 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto o conteúdo de magnésio diminui $0,57 \text{ g kg}^{-1}$. A concentração média de Ca-foliar ($6,77 \text{ g kg}^{-1}$) também denota nutrição inadequada, já a concentração média de Mg-foliar ($4,17 \text{ g kg}^{-1}$) está acima da faixa adequada, em conformidade com informação da literatura, $15,0\text{-}25,0$ e $2,5\text{-}3,5 \text{ g kg}^{-1}$ para Ca e Mg, respectivamente (MALAVOLTA, VITTI & OLIVEIRA, 1997). Por outro lado, Miranda & Miranda (2000) relataram que o teor de Ca nas dicotiledôneas pode variar entre $0,80$ e $2,00 \text{ g kg}^{-1}$ nas folhas.

Ressalta-se que o solo foi, inicialmente, fertilizado mediante as práticas de calagem e adubação de plantio, as quais levaram a disponibilidade de $12,50$ e $15,50 \text{ mmolc kg}^{-1}$ de cálcio e magnésio no solo, respectivamente.

Ao contrário desta pesquisa, Sousa et al. (2009b) verificaram ausência de efeitos significativos dos níveis de salinidade sobre os teores de Mg-foliar que oscilaram entre $6,51$ e $6,99 \text{ g kg}^{-1}$, porém maiores que os registrados nesta pesquisa, $3,63$ a $4,89 \text{ g kg}^{-1}$.

Enxofre (S-Foliar)

O conteúdo de enxofre foliar também foi influenciado pela salinidade da água de irrigação, ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 65). O modelo matemático quadrático explicou melhor a resposta das plantas às salinidades impostas (Figura 52E), entretanto, mediante análise dessa figura e das médias observadas, notam-se, decréscimos marcantes a partir

da CEa de $1,20 \text{ dS m}^{-1}$, com redução de mais de 34,00% em relação a $0,60 \text{ dS m}^{-1}$. O enxofre foi o macronutriente menos acumulado nos tecidos foliares do pinhão-mansão, corroborado pelos resultados obtidos por Sousa et al. (2009b).

A concentração média registrada para S-foliar ($0,52 \text{ g kg}^{-1}$) foi baixa, se comparada a faixa adequada, $3,0\text{-}5,0 \text{ g kg}^{-1}$ (MALAVOLTA, VITTI & OLIVEIRA, 1997).

Reporta-se que durante o preenchimento dos lisímetros, aplicaram-se 50 mg kg^{-1} de S, [$312,15 \text{ mg K}_2\text{SO}_4$ ($16\%\text{S/kg}$ de solo)] conforme recomendação contida em Novais, Neves & Barros (1991).

Tabela 65 - Resumo das análises de variância e médias para os teores de macronutrientes dos tecidos foliares do pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Nível salino (N)	4	17,0131 ^{ns}	0,1098 ^{ns}	33,764 ^{ns}	1,2616**	1,2871**	0,1566**
Reg. Linear	1	59,1462*	0,3610 ^{ns}	42,155 ^{ns}	3,9188**	4,7060**	0,0312 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	1,7502 ^{ns}	0,0391 ^{ns}	41,969 ^{ns}	0,3616 ^{ns}	0,0350 ^{ns}	0,5162**
Reg. Cúbica	1	6,9973 ^{ns}	0,0360 ^{ns}	50,396 ^{ns}	0,6150 ^{ns}	0,1428 ^{ns}	0,0436 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	0,1589 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,536 ^{ns}	0,1509 ^{ns}	0,2647 ^{ns}	0,0352 ^{ns}
Blocos	3	4,2228 ^{ns}	0,0220 ^{ns}	10,804 ^{ns}	0,4691 ^{ns}	0,1379 ^{ns}	0,0129 ^{ns}
Resíduo	27	12,7486	0,1394	15,560	0,2213	0,1373	0,0238
CV(%)		15,87	15,90	29,94	6,95	8,88	29,87
Média (g kg^{-1})		22,4990	2,3480	13,1750	6,7650	4,1730	0,5170

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

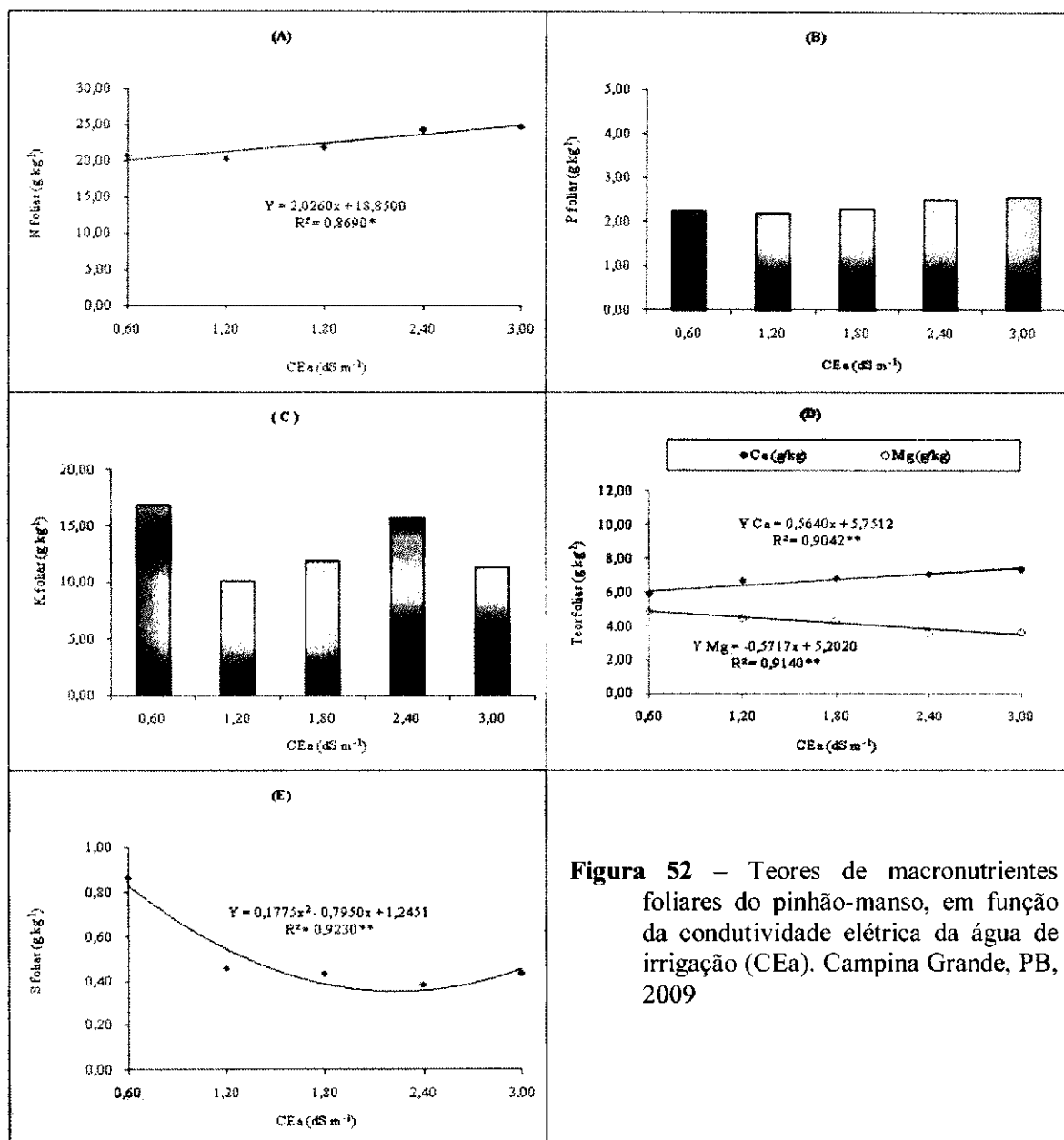


Figura 52 – Teores de macronutrientes foliares do pinhão-mansão, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.7 – Teores de micronutrientes e sódio nos tecidos foliares

Os resultados das análises estatísticas dos micronutrientes e de sódio nos tecidos foliares do pinhão-mansão estão resumidos na Tabela 66. Observaram-se efeitos significativos dos níveis salinos sobre os teores de Cl-foliar e Na-foliar, sendo os demais micronutrientes não influenciados pela condutividade elétrica da água de irrigação. Com base nas médias experimentais, foi verificada a seguinte ordem dos teores de micronutrientes e Na: Na>Fe>Cl>Mn>Zn>Cu (15.476,65; 200,43; 38,45; 32,23; 10,10; 3,24).

Sousa et al. (2009b), em pesquisa com pinhão-mansão, sob condições semelhantes, observaram a seguinte sequência de acúmulo: Na>Fe>Mn>Zn>Cl>Cu. Nota-se deslocamento de Cl quando comparada com a sequência obtida na pesquisa corrente.

É notória a elevada concentração de Na-foliar, em que pese sua contribuição com 70% em equivalente nas soluções salinas que foram preparadas na proporção 7:2:1 em equivalentes de Na:Ca:Mg.

Cálcio (Cl-Foliar)

Os níveis salinos influenciaram o conteúdo de cloro nas folhas ao nível de 0,05 de probabilidade (Tabela 66). Com referência à Figura 53A, nota-se efeito linear significativo sobre Cl-Foliar; com base na equação matemática, entre N_1 ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais níveis salinos, foram estimados os acréscimos de 2,74, 5,48, 8,22 e 10,96%, respectivamente, ou pelo coeficiente angular, $1,66 \text{ mg kg}^{-1}$ para cada dS m^{-1} acrescido na CEa.

Como conteúdo médio de Cl-foliar encontrou-se o valor de $38,45 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo inferior ao Na-foliar ($15.476,65 \text{ mg kg}^{-1}$) e ao Fe-foliar ($200,43 \text{ mg kg}^{-1}$).

Sousa et al. (2009b) também verificaram efeitos significativos de CEa sobre o conteúdo de Cl-foliar que oscilou entre 19 e 26 mg kg^{-1} , sendo portanto inferiores aos teores verificados nesta pesquisa, os quais oscilaram entre 36 e 41 mg kg^{-1} .

Segundo Furlani (2004), os teores de Cl nas plantas variam de 70 a 1.000 mg kg^{-1} mas por outro lado, Dechen & Nachtigall (2007) afirmam que as plantas deficientes contêm teores foliares menores que $2,00 \text{ mg kg}^{-1}$.

Ferro (Fe-Foliar)

De acordo com a Tabela 66 e Figura 53B, a salinidade da água de irrigação não teve influência significativa na concentração de Fe nos tecidos foliares a qual resultou num valor médio de $200,43 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo inferior apenas ao Na-foliar. Percebe-se pouca variabilidade nas respostas das plantas de pinhão-manso entre os cinco níveis salinos, caracterizando a ausência de efeitos significativos para o Fe-foliar.

Por outro lado, Sousa et al. (2009b) verificaram efeitos significativos de CEa sobre o conteúdo de Fe-foliar com relação quadrática e, oscilou entre 80 e 130 mg kg^{-1} , com teor máximo obtido com $1,90 \text{ dS m}^{-1}$ ($117,24 \text{ mg kg}^{-1}$), inferiores aos teores verificados nesta pesquisa (Figura 53B).

Barros Júnior (2007) também verificou médias de 181,70 e $184,58 \text{ mg kg}^{-1}$ nas folhas das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu de mamoneira. Esses valores têm um certa aproximação com os registrados na presente pesquisa.

Zinco e Cobre (Zn-Foliar e Cu-Foliar)

Zinco é considerado um metal de fitotoxicidade baixa a moderada; a maioria das espécies, estudadas até o presente, é afetada por concentrações no tecido, que variam de 100 a 400 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984).

Também não foi detectada influência significativa da salinidade da água de irrigação sobre o conteúdo desses dois micronutrientes nos tecidos foliares (Figura 49 C, D). A concentração média para zinco e cobre foram cerca de 10,10 e 3,24 mg kg⁻¹, respectivamente.

Sousa et al. (2009b) observaram em folhas de pinhão-manso, teores de Zn similares aos verificados nesta pesquisa, porém relataram aumento linear com o incremento dos níveis salinos enquanto os teores de cobre, maiores aos relatados nesta pesquisa, tiveram relação quadrática com redução em função da salinidade.

Laviola & Dias (2008), avaliando a concentração e o acúmulo de nutrientes em folhas de pinhão-manso, observaram que o zinco e o cobre estão entre os elementos que menos se acumulam nas folhas das plantas, corroborando com os resultados desta pesquisa.

Barros Júnior (2007), em pesquisa com mamoneira que recebeu frequentes adubações foliares com solução contendo Zn +Cu (1,0 a 4,0 mMol de CuSO₄.5H₂O + ZnSO₄.7H₂O) diluídos na proporção de 2 mL L⁻¹, verificou concentrações médias de 158,47 e 732,16 mg kg⁻¹ de zinco e cobre, respectivamente. O autor também observou reduções lineares de 0,27 e 1,49 mg kg⁻¹ em zinco e cobre nas folhas, respectivamente, para cada incremento unitário do percentual de água disponível. Esses dados remetem a deduzir que houve deficiência de Zn e Cu para a cultura do pinhão-manso.

Chaves et al. (2009a) concluíram que o acúmulo de zinco nas plantas de pinhão-manso obedeceu à seguinte ordem: caule > folha > raiz e que níveis de zinco no solo até 150 mg dm⁻³ influenciaram o teor do elemento nas diversas partes da planta.

Manganês (Mn-Foliar)

Observou-se pouquíssima variabilidade nos teores médios de Mn-foliar; os valores médios giraram muito próximo da média, 32,23 mg kg⁻¹ como está caracterizado na Figura 49E. Verificaram-se teores médios de manganês maiores que os teores registrados para zinco e cobre (Figura 49 C, D).

Sousa et al. (2009b) observaram relação linear crescente entre os teores de Mn foliar e a CEa (dS m⁻¹), e de acordo com o modelo de regressão, houve um aumento de 59,41 mg kg⁻¹ de Mn ao se irrigar as plantas com uma água de CE de 0,60 dS m⁻¹ para 83,75 mg kg⁻¹ com água

de CE de 3,00 dS m⁻¹, o que dar um acréscimo de 17,07% para cada unidade de dS m⁻¹. Notaram-se valores de Mn-foliar superiores aos observados nesta pesquisa em discussão.

Barros Júnior (2007) obteve, por razões desconhecidas, nas folhas de mamoneira, valores médios de Mn acima de 4000 mg kg⁻¹, enquanto nas raízes os teores variaram entre 100 e 200 mg kg⁻¹.

Sódio (Na-Foliar)

Foi observado efeito linear altamente significativo (P<0,01) da CEa sobre Na-Foliar (Tabela 66); com base na equação matemática (Figura 49 F), o acréscimo por incremento unitário da CEa foi de 14,70%. Em outros termos, o teor de Na-foliar aumentou 1,93 g kg⁻¹ para cada unidade de dS m⁻¹. Barros Junior (2007) verificou redução linear no teor de sódio nas folhas de mamoneira, na proporção em que se aumentava a disponibilidade hídrica no solo.

Os valores observados das concentrações de sódio foram elevadíssimos, os quais variaram de 13.531 a 17.841 mg kg⁻¹. Tal fato pode ser atribuído ao preparo das águas de irrigação que guardavam uma proporção de 7:2:1 dos íons equivalentes Na:Ca:Mg. Pelas mesmas razões, Sousa et al. (2009b) observaram elevadas concentrações de Na-foliar (entre 6000 e 15000 mg kg⁻¹) as quais aumentaram linear e proporcionalmente à salinidade da água de irrigação, resultando em um aumento unitário de 34,31% para cada dS m⁻¹.

Santos Filho et al. (2004) verificaram, em mamoneira, que os teores de 'Na' nos tecidos da cultivar BRS Nordeste desenvolvida em condições de salinidade, diminuiu com o incremento da salinidade. Lima (1997) explica que as plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os sais na absorção da solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico e sofrem um decréscimo de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico por osmose.

Tabela 66 - Resumo das análises de variância e médias para os teores de micronutrientes e sódio dos tecidos foliares do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		Cl	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Nível salino (N)	4	10.1127 ^{ns}	10119.675 ^{ns}	4.2786 ^{ns}	0.6398 ^{ns}	61.5464 ^{ns}	33.571.516,5108**
Reg. Linear	1	24,8514 [*]	8896.025 ^{ns}	0.3901 ^{ns}	0.7562 ^{ns}	65.0430 ^{ns}	115.514.242,4020**
Reg. Quadrática	1	1.2841 ^{ns}	8406.446 ^{ns}	11.2054 ^{ns}	0.1400 ^{ns}	75.7950 ^{ns}	9.189.745.9984 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	10.5082 ^{ns}	13684.100 ^{ns}	2.1856 ^{ns}	1.6000 ^{ns}	68.7900 ^{ns}	9.501.570.6954 ^{ns}
Reg. 4º Grau	1	3.8072 ^{ns}	9492.129 ^{ns}	3.3332 ^{ns}	0.0630 ^{ns}	36.5576 ^{ns}	80.506.9476 ^{ns}
Blocos	3	3.53063 ^{ns}	5738.412 ^{ns}	1.7345 ^{ns}	0.3310 ^{ns}	17.6981 ^{ns}	277.855.9204 ^{ns}
Resíduo	27	4,7071	3822.808	4,5408	0,4205	19,2572	2,375.393,2175
CV(%)		5,64	30,85	21,10	20,01	13,61	9,96
Média (mg kg ⁻¹)		38,4450	200,4250	10,0975	3,2400	32,2325	15.476,6530

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

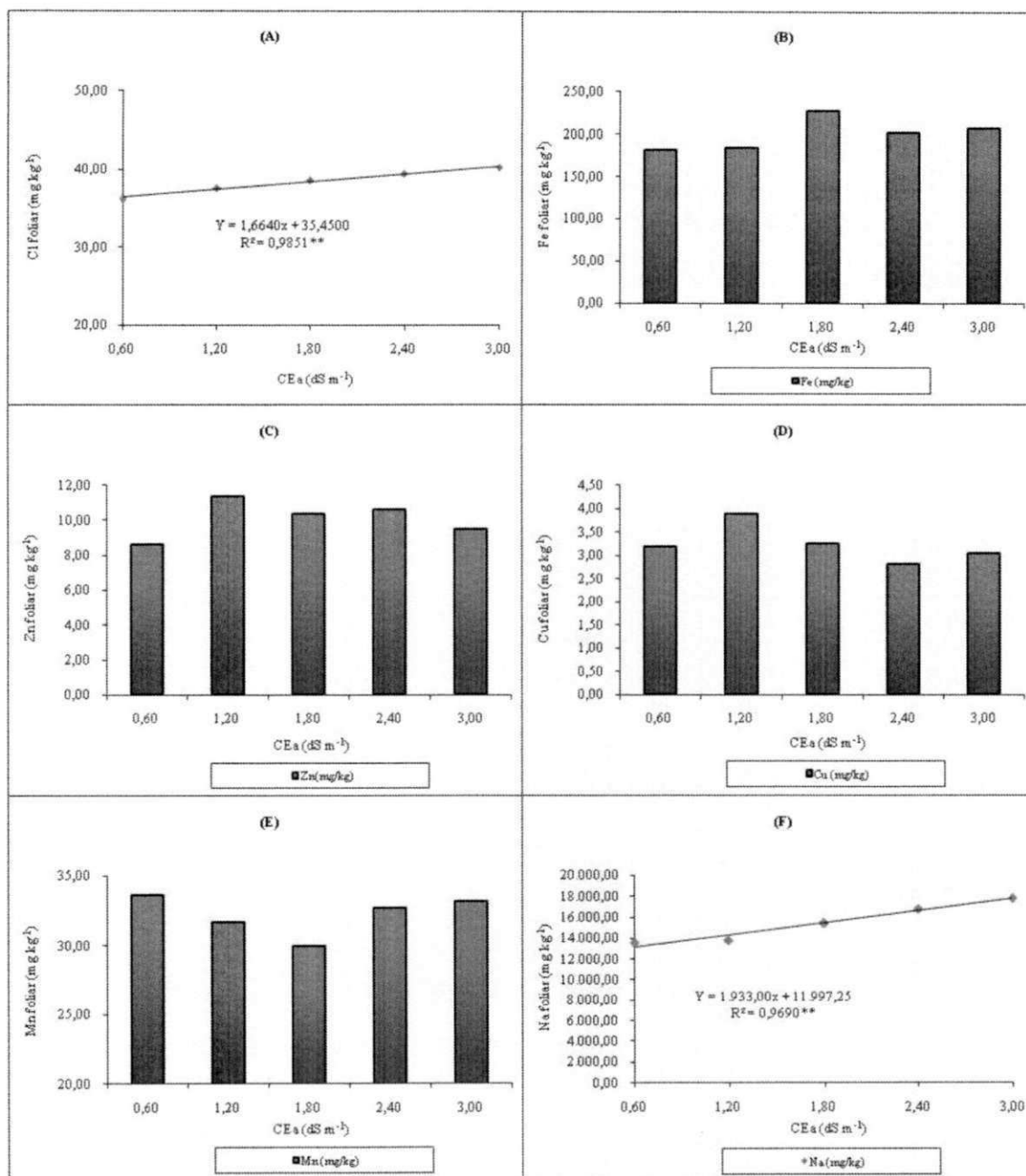


Figura 53 – Teores de micronutrientes foliares do pinhão-mansão, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.2.8 - Teor de óleo

Observou-se efeito linear significativo da salinidade da água de irrigação ($P < 0,01$) sobre o teor de óleo das sementes de pinhão-mansão (Tabela 67).

Empregando-se o modelo matemático contido na Figura 54, estima-se para as plantas irrigadas com água de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ redução de 30,55% no teor de óleo das sementes quando comparadas aquelas irrigadas com água de $0,60 \text{ dS m}^{-1}$. Igualmente, deduz-se para o incremento unitário da CEa, redução de 12,73% no teor de óleo, em termos relativos, ou 4,02% em termos absolutos.

Nota-se elevado grau de associação ($R^2 = 0,98$) entre os níveis salinos e o teor de óleo. Evidencia-se sensibilidade da planta do pinhão-mansão à salinidade da água de irrigação. Percebe-se também que o teor de óleo foi inferior aos registrados por outros autores mesmo sob nível mais baixo de CEa ($0,60 \text{ dS m}^{-1}$).

A produtividade de óleo por hectare é função direta do teor de óleo (%) e da produtividade da cultura (kg ha^{-1}). Como a produção de sementes foi severamente afetada pela salinidade de água e ao lado das progressivas reduções no teor de óleo, infere-se que a planta de pinhão, nas condições desta pesquisa, pode ser considerada como sensível.

É conveniente salientar que as plantas irrigadas com água de $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ produziram mais bagas e maior quantidade de óleo, o que implica em afirmar que tais plantas, produzem melhor em quantidade e qualidade.

Em estudos com mamoneira, Barros Júnior (2007) verificou redução no teor de óleo com a ordem dos cachos, diminuindo do primeiro para o terceiro e que esta variável foi severamente afetada pelo estresse hídrico; as plantas conduzidas sob 100 % e 80 % água disponível-AD produziram 46,92 % e 20,16 % óleo, respectivamente. Severino et al. (2005) comprovaram que o teor de óleo nas sementes foi maior em tratamento com adubação (47,40 % de óleo) em relação ao tratamento sem adubação (43,50 % de óleo).

Soares et al. (2009) verificaram variação em relação ao teor de óleo de sementes de pinhão-mansão, sendo o menor valor obtido de 24,39% e o máximo de 37,86% e que ocorreu correlação negativa, indicando que plantas que produzem mais sementes normalmente não produzem sementes com os maiores teores de óleo.

Tabela 67 - Resumo das análises de variância e média para a variável teor de óleo do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios
		Teor de Óleo
Nível salino (N)	4	1022,5470**
Regressão Linear	1	3992,5439**
Regressão Quadrática	1	105,9163 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	4,7030 ^{ns}
Regressão de 4º grau	1	13,2472 ^{ns}
Blocos	3	26,2935 ^{ns}
Resíduo	27	27,7381
CV(%)		19,69
Média (%)		26,7481

(**) Significativo a 1% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

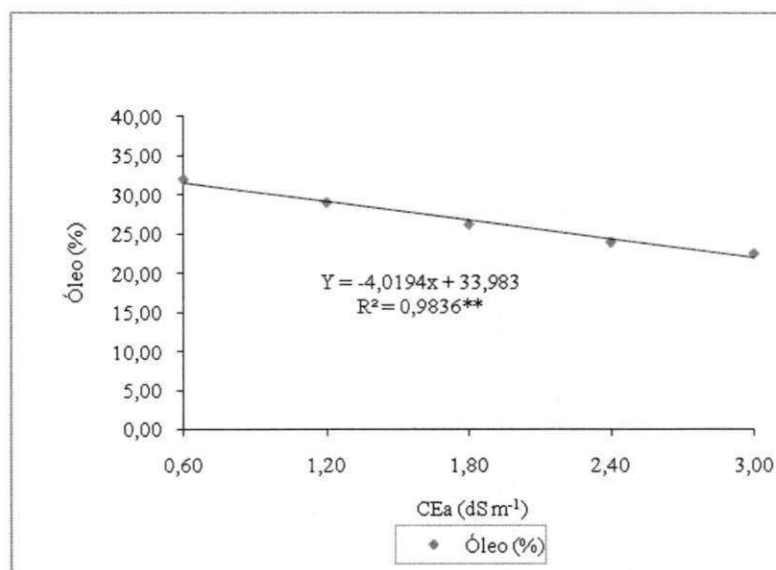


Figura 54 – Teor de óleo das sementes do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2009

5.3 – RESUMO COMPARATIVO DOS DOIS CICLOS DE PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO

Para fins comparativos, estão apresentados resumos contendo parte dos resultados obtidos nas pesquisas (primeiro e segundo ciclo) com utilização de água residuária (Tabela 68) e com águas salinizadas (Tabela 69).

Pelos resultados médios obtidos nos experimentos com água residuária em pinhão-manso, notaram-se, no segundo ciclo, plantas com menor altura, menor número de folhas, menor área foliar, e mais tardias quanto à floração e frutificação, menos produtivas, com menor número de cachos por planta, frutos menos pesados, menos frutos por planta e menor teor de óleo nas sementes.

No resumo dos resultados médios obtidos nos experimentos com água salinizada, percebe-se que todas as variáveis de crescimento, avaliadas em pinhão-manso (altura, diâmetro,

número de folhas, área foliar), foram maiores no segundo ciclo de produção. Contudo, as variáveis de reprodução e produção (início e final da maturação e frutificação, número de cachos por planta, peso médio do fruto e da semente) foram mais precoces no primeiro ciclo.

Cada lisímetro continha volume considerável de solo (230 kg), mas considerando os dois ciclos, as plantas se mantiveram por 636 dias (396 no primeiro ciclo e, 240 dias no segundo ciclo), podendo ser fator limitante ao crescimento radicular do pinhão-mansão, tendo como consequência, menor crescimento da parte aérea que por sua vez limita o desenvolvimento da planta.

Tabela 68 – Resumo comparativo dos resultados médios obtidos nos dois experimentos com água residuária em pinhão-mansão. Campina Grande, PB, 2009.

Variável/Característica	Primeiro ciclo	Segundo ciclo
Sistema de produção	Semeadura e transplântio	Poda aos 396 DAT
Duração da pesquisa (dias)	396	240
Adubações de cobertura e foliares	presença	presença
Altura final de plantas (cm)	227,15	193,66
Diâmetro caulinar final (mm)	67,81	73,79
Número final de folhas por planta	1251	415,98
Área foliar final por planta (m ²)	9,1735	4,4255
Início da floração	81 DAT	101 DAPd
Início da frutificação	120 DAT	140 DAPd
Início da maturação	148 DAT	170 DAPd
Final da maturação	166 DAT	177 DAPd
Duração da maturação (dias)	8	7,45
Número de cachos por planta	39,00	10,90
Peso dos frutos (g/planta)	788,20	202,32
Nº de frutos por planta	299	92,25
Peso médio do fruto (g)	--	1,70
Peso médio da semente (g)	--	1,20
Evapotranspiração (ETc) no último período (L dia ⁻¹)	4,468	2,53
N-Org. (g kg ⁻¹)	0,22	0,30
Na (mmolc kg ⁻¹)	18,63	9,11
Al (mmolc kg ⁻¹)	0,05	0,80
pH H ₂ O (1:2,5) inicial	6,18	5,42
pH H ₂ O (1:2,5) final	5,42	5,57
Soma de bases - S (mmolc kg ⁻¹)	3,16	60,06
CTC (mmolc kg ⁻¹)	3,38	74,96
Saturação de bases (V%)	93,49	80,08
PST (%)	0,89	11,01
Teor de óleo nas sementes (%)	36,48	31,36

DAS – dias após a semeadura; DAT – dias após transplântio; DAPd – dias após a poda.

Tabela 69 – Resumo comparativo dos resultados médios obtidos nos dois experimentos com águas salinizadas em pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2009.

Variável/Característica	Primeiro ciclo	Segundo ciclo
Sistema de produção	Semeadura e transplântio	Poda aos 396 DAT
Duração da pesquisa (dias)	163	240
Adubações de cobertura e foliares	presença	presença
Altura final de plantas (cm)	135,23	161,55
Diâmetro caulinar final (mm)	47,61	73,3025
Número final de folhas por planta	258,03	306,90
Área foliar final por planta (m ²)	1,7316	3,3688
Início da floração	95 DAT	105
Início da frutificação	132 DAT	147
Início da maturação	169 DAT	188
Final da maturação	180 DAT	197
Duração da maturação (dias)	11	9
Número de cachos por planta	9,38	5,58
Peso dos frutos (g/planta)	--	102,20
Nº de frutos por planta	--	60,30
Peso médio do fruto (g)	2,32	1,31
Peso médio da semente (g)	--	1,28
Evapotranspiração (ETc) no último período (L dia ⁻¹)	2,263	2,760
Relação de Adsorção de Sódio - RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	6,23	5,57
Porcentagem de sódio trocável - PST (%)	7,22	6,42
Condutiv. Elétr. do Extrato de Saturação - CEes (dS m ⁻¹)	2,12	3,52
pHes final	5,37	4,77
Teor de óleo nas sementes (%)	--	26,75

DAS = dias após a semeadura; DAT = dias após transplântio; DAPd = dias após a poda.

6 – CONCLUSÕES

Experimento I – Uso de água residuária

1. Aos 240 dias após a poda, a área foliar, o número de folhas, o diâmetro caulinar e a altura do pinhão-mansinho aumentaram, respectivamente, em 706 cm², 5,15 unidades, 0,43 mm e 0,93 cm para cada 1% na reposição da evapotranspiração.
2. Baixos níveis de reposição hídrica no solo (25% ETc), resultam em atraso de 65 dias no início da floração, 57 dias no início da frutificação e 47 dias na maturação, contudo sem prejuízos ao período de maturação.
3. As variáveis de produção são mais afetadas que as variáveis de crescimento. A produção média da planta é superior a 400g de sementes, sob o nível de 125% de evapotranspiração. O peso da semente e o do fruto aumenta 8,5 e 12,3 mg, respectivamente, para cada 1% de reposição da evapotranspiração.
4. As maiores taxas de evapotranspiração ocorrem por volta de 120 a 130 dias após a poda, na medida em que se aumenta o índice de reposição, variando entre 0,80 (25% ETc) e 5,00 (125%) L/dia/planta.
5. Ao final da pesquisa, as concentrações no solo de N-Org (0,30 g kg⁻¹), P (182,00 mg kg⁻¹), K (4,48 mmolc kg⁻¹), Ca⁺² (29,11 mmolc kg⁻¹) e Mg⁺² (17,35 mmolc kg⁻¹) são 200, 123,04, 49,33, 132,88, 11,93% superiores às concentrações iniciais.
6. A soma de bases-S, a capacidade de troca catiônica-CTC e a saturação de bases-V não são afetadas pelos níveis de reposição de evapotranspiração, mas há melhoria da fertilidade do solo em relação ao início do experimento, com aumento de S, CTC e V.
7. Em relação à condição inicial, há aumento indesejável nas concentrações de Na⁺ (0,30 para 9,12 mmolc kg⁻¹), de H⁺ (2,00 para 14,10 mmolc kg⁻¹) e de Al⁺³ (de 0,05 para 0,80 mmolc kg⁻¹) no ambiente edáfico.
8. A ordem de concentração de macronutrientes nas folhas é N>K>Ca>P>Mg>S com os respectivos valores médios de 30,01, 15,38, 7,81, 4,01, 3,71 e 0,65 g kg⁻¹.
9. Os micronutrientes acumulam-se nas folhas na ordem de concentração Fe>Mn>Zn>Cl>Cu (163,65>39,93>14,13>13,20>3,54 mg kg⁻¹). Os teores foliares de zinco e cobre são menores que os reportados na literatura. O sódio se acumula muito acumulado no limbo foliar (11.160 mg kg⁻¹) do pinhão-mansinho, sugerindo tratar-se de uma planta natrofilica.

10. O teor de óleo do pinhão-mansão irrigado com água residuária é comprometido em níveis baixos de reposição hídrica. Plantas irrigadas com nível de 25% de ETC têm teor de óleo reduzido em cerca de 69,6%, em relação a 125% de ETC.
11. As plantas submetidas à poda alta (80 cm), em relação às submetidas à poda baixa (40 cm), tiveram maior altura até 150 dias e, tendência de produzir mais folhas, foram mais precoces, mais produtivas, consumiram mais água até 150 dias e a partir de 180 dias, menor consumo.
12. A fertilidade do solo foi melhorada com a aplicação de água residuária, sendo mais perceptível sobre P, Ca, soma de bases (S), saturação de bases (V%), com repercussão em N-foliar, P-foliar e Ca-foliar, entretanto sem melhoria na qualidade de óleo das sementes.

Experimento II – Uso de águas salinizadas

13. Aos 240 dias após a poda, a altura de plantas, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar do pinhão-mansão, são afetados, linearmente, com decréscimos de 2,52, 5,05, 15,45 e 12,17%, respectivamente, por aumento unitário da CEa.
14. As taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da altura de plantas (30-240 dias), diminuem 2,48% e 2,92% por unidade de CEa.
15. O início da floração (105 dias) e o início da frutificação (147 dias) assim como o início da maturação são afetados, linearmente, pela salinidade da água, com atraso superior a 13 dias para cada dS m^{-1} . A maturação dos frutos do pinhão-mansão independe do nível salino.
16. O número de cachos e o número de frutos, bem como, a biomassa de cascas, sementes e frutos são reduzidos em mais de 90% nas plantas irrigadas com água de $3,00 \text{ dS m}^{-1}$.
17. O peso médio de semente e de fruto são reduzidos em 20,60% e 27,92%, respectivamente, para cada aumento de 1 dS m^{-1} na água de irrigação.
18. Até 60 dias após a poda, há aumento da evapotranspiração do pinhão-mansão com o incremento da salinidade. A partir de 90 dias, a taxa de evapotranspiração é reduzida, linearmente, com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.
19. Os íons solúveis, exceto o K^+ , aumentam linearmente com a salinidade da água de irrigação e se acumulam na solução do solo, segundo a sequência de concentração: $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{++} \cong \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$ ($29,05 > 17,39 > 10,00 > 9,40 \cong 9,22 > 0,36 \text{ mmolc L}^{-1}$).
20. Ao final do experimento, os valores médios da CEes ($3,52 \text{ dS m}^{-1}$), da PST (6,42%) e do pHes (4,77) caracterizam o solo como não salino. A utilização de água com CEa até $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ não é suficiente para tornar o solo salino, nem salino-sódico.

21. Os macronutrientes se acumulam nas folhas na seguinte sequência: $N > K > Ca > Mg > P > S$ com os respectivos valores médios de 22,50, 13,18, 6,77, 4,17, 2,35 e 0,52 g kg⁻¹. Os teores de N e Ca aumentam linearmente com o incremento da CEA. Os teores de cálcio e enxofre estiveram abaixo dos valores reportados na literatura.
22. Teores de micronutrientes se acumulam nas folhas na seguinte sequência: $Fe > Cl > Mn > Zn > Cu$ (200,43; 38,45; 32,23; 10,10; 3,24 mg kg⁻¹). Apenas Cl e Na aumentam com o incremento da salinidade. Os teores de zinco e cobre estão abaixo dos reportados na literatura. O sódio é um elemento muito acumulado no limbo foliar (15.477 mg kg⁻¹) do pinhão-mansão, sugerindo tratar-se de uma planta com afinidade ao sódio.
23. As plantas do pinhão-mansão produzem, em média, 32,03% de óleo quando irrigadas com água salina de 0,60 dS m⁻¹ e 22,92% de óleo com água de 3,0 dS m⁻¹, correspondendo a uma redução de 30,55% entre os níveis de salinidade.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, S.E. Toxic effects of *Jatropha curcas* in mice. **Toxicology**. Mar; v.2, n.1, p.67–76, 1974.

ALBUQUERQUE, W.G.; AZEVEDO, C.A.V.; BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, M.A.O.; NASCIMENTO, J.V.R.J. Crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de níveis de água e adubação nitrogenada. In: Congresso Nacional da Mamona - Energia e Bioquímica, 3., 2008, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. CD-Rom.

ALBUQUERQUE, W.G.; BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, C.A.V.; SILVA FILHO, J.L. Variáveis de crescimento do pinhão manso em função do tempo quando submetidos a diferentes dosagens de nitrogênio e níveis de água disponível no solo. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso, 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. CD-Rom. 4p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**. v.16, p. 139-180, 1964.

ALVES, J.M.A.; SOUSA, A.de A.; SILVA, S.R.G. da; LOPES, G.N.; SMIDERLE, O.J.; UCHÔA, S.C. P. **Pinhão-manso uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da Amazônia brasileira**. Artigo de Revisão Temática – Review. *Agro@mbiente* Online, v.2, n.1, Boa Vista, 2008.

AMORIM, J.R.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.2, p.167-176, 2002.

ANDRADE, T. M.; SANTOS, H.O.; SILVA-MANN, R.; BISPO, M.V.C.; SANTOS JUNIOR, J.B.; SANTANA, U.A. **Deficiência de micronutrientes em mudas de *Jatropha curcas* L.: resultados preliminares 2007**. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura>. Acesso em: 23 maio de 2009.

APHA - American Public Health Association; AWWA-American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19.ed. Washington, DC: APHA, 1995. 1082p.

ARAÚJO, B.A.; DANTAS NETO, J.; NÓBREGAS, J.E.; MEDEIROS, K.F.; TRAJANO, E.V.A. Crescimento do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) irrigado com água salina em níveis diferenciados de reposição da evapotranspiração. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. CD-Rom. 5p.

ARAÚJO, C.A.S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. Viçosa-MG: UFV, 1994. 87p. Dissertação de Mestrado.

ARAÚJO, L.F.P. **Reúso com lagoas de estabilização, potencialidades no Ceará**. Fortaleza, SEMACE, 2000.

ARRUDA, F.P. de; BELTRÃO, N.E. de M.; ANDRADE, A.P. de; PEREIRA, W.E. ; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. v.8, n.1, p.789-799, 2004.

AVELAR, R.C.; JÚNIOR, D.; APARECIDO, M.; CARVALHO, J.P.F. Produção de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em tubetes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 1., 2005, Viçosa. **Anais...**, Viçosa, Embrapa e ABPPM, 2005, 4p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

BARROS JÚNIOR, G. **Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona**. Campina Grande: UFCG, 2007. 153p. Tese de Doutorado.

BASTOS, R.K.X. (Coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 267p.

BELTRÃO, N.E. de M.; SEVERINO, L.; SUINAGA, F.A.; VELOSO, J.F.; JUNQUEIRA, N.; FIDELIS, M.; GONÇALVES, N.P.; SATURNINO, H.M.; ROSCOE, R.; GAZZONI, D.; DUARTE, J.O.; DRUMOND, M.A.; ANJOS, J.B. **Recomendação técnica sobre o plantio de pinhão manso no Brasil**. 2008. Disponível em <http://www.cpa0.embrapa.br/portal/noticias/Paper.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2011.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41p.

BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Review of Plant Pathology**. Stanford, v.13, p. 295-312, 1975.

BLANCO, F.F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 104p. Dissertação de mestrado.

BOARETTO, A.E.; CHITOLIA, J.C.; VAN RAIJ, B.; SILVA, F.C.; TEDESCO, M.J.; CARMO, C.A.F.S. Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, p.49-73. 1999.

BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. **Soil chemistry**. 2.ed. John Wiley & Sons, New York, 1985. 341p

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2000.

BOUWER, H.; CHANEY, R.L. Land treatment of wastewater. **Advances in Agronomy**, v.26, p.133-176, 1974.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, 1985. 364p. (Documentos, 16).

CÁCERES, D.R.; PORTAS, A.A.; ABRAMIDES, J.E. **Pinhão-manso**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

CARNEIRO, P.T.; BRITO, M.E.B.; LIMA, A.N.L.; GOMES, A.H.S.; COSTA, F.A.M. da; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. Taxas de crescimento do cajueiro anão precoce sob salinidade na pré-floração. In: Workshop Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada - Convivência em Busca da Sustentabilidade. 1., 2007, Recife. **Anais...**, Recife: UFRPE e UFCG, 2007. 4p.

CARNEIRO, P.T. **Sensibilidade do cajueiro anão precoce ao estresse salino em diferentes fases fenológicas**. Campina Grande: UFCG, 2008. 111p. Tese de Doutorado.

CARNEIRO, P.T.; SILVA, J.V.; SANTOS, M.A.L.; SANTOS NETO, A.L.; SANTOS, C.S. Produção de fitomassa do pinhão manso irrigado com águas salinas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. 5p.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em: <HTTP://www.ufmg.br/boletim>. Acesso em 20 de fevereiro de 2011.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. **Jaboticabal**: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, B.C.L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65p. il.

CAVALCANTI, M.L.F.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F.A.L.; SIQUEIRA, E.C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.57-61, 2005a.

CAVALCANTI, M.L.F.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F.A.L.; SIQUEIRA, E.C. Índices ecofisiológicos da mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.66-70, 2005b.

CHAVES, L.H.G.; MESQUITA, E.F.; ARAÚJO, D.L.; FRANÇA, C.P.; FERNANDES, J.D. Acúmulo e distribuição de zinco em plantas de pinhão-manso. In: I Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009a. 5p.

CHAVES, L.H.G.; MESQUITA, E.F.; ARAÚJO, D.L.; FRANÇA, C.P.; FERNANDES, J.D. Acúmulo e distribuição de cobre em plantas de pinhão-manso. In: I Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009b. 5p.

CHIESA, A. Tolerancia a la salinidad de cultivares de tomatara durante la germinación. **Investigation Agronomy: Production Vegetal**, v.8, p.341-349, 1993.

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

COLETTI, A.J.; DALLACORT, R.; MARTINS, J.A. Número de sementes por fruto da cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: Semana de Ciência e Tecnologia, 2., e Mostra Interdepartamental de Trabalhos Acadêmicos da UNEMAT, 4., 2008, Tangará da Serra, p.7-98, 2008.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas**. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.

DAKER, A. **Irrigação e Drenagem: A água na agricultura**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. v.3, 1988. 543p.

DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J.F. Índices morfo-fisiológicos e rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.27-31, 1998.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. cap.3, p.91-132p, 2007.

DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI, A. **Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.): para produção de óleo combustível**. Viçosa – MG, 2007. 40p.

DROUX, M.C. Sulfur assimilation and the role of sulfur in plant metabolism: a survey. **Photosynthesis Research**, v.79, p.331-348, 2004.

DRUMOND, M.A. **Produção de pinhão manso no semi árido brasileiro**. 2007. Disponível em <http://www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia/trabalhos/016.PDF>. Acesso em 10 de agosto de 2010.

DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B. Pinhão Manso: oleaginosa potencial para o biodiesel. **Jornal Agroenergia**, edição especial, Embrapa Agroenergia, 2009. 8p. Disponível em <http://www.cnpae.embrapa.br>, acessado em 20 de maio de 2011.

DURÃES, F.O.M.; SUNDFELD, E.; DIAS, J.M.C.; MATIAS, M.C.M.; COLLARES, D.G.; SANTOS, M.G.B. dos. Pesquisadores mexicanos visitam projetos com pinhão-manso da Embrapa. **Jornal Agroenergético**. p. 8, edição nº 21, de 28 de fevereiro de 2011a. Disponível em <http://www.cnpae.embrapa.br>, acessado em 03 de abril de 2011.

DURÃES, F.O.M.; SUNDFELD, E.; DIAS, J.M.C.de.; MATIAS, M.C. de M.; COLLARES, D.G.; SANTOS, M.G.B. dos. Reuniões técnicas alavancam matérias-primas alternativas para o biodiesel. **Jornal Agroenergético**. p. 13, nº 22, de 5 de abril de 2011b. Disponível em <http://www.cnpae.embrapa.br>, acessado em 03 de abril de 2011.

ELOI, W. M. **Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ, 2007. 110p. Tese de Doutorado.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 2.ed., 1997. 212p.

EMBRAPA ALGODÃO. **BRS-149 Nordestina e BRS-188 Paraguaçu**. Campina Grande: EMBRAPA ALGODÃO, 2002. (Folder).

EVANGELISTA, A.W.P.; ALVES JÚNIOR, J.; FERREIRA, R.C.; NOGUEIRA, K.M.G. Resposta em crescimento do pinhão manso à aplicação de diferentes lâminas de irrigação. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. 4p.

FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Ed. Campus: EMBRAPA, 1984. 341 p.

FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA CNPAF. Documento, 18).

FAGERIA, N.K. Screening method of lowland Rice genotypes for zinc uptake efficiency. *Scientia Agricola*. v.58, p. 623-626, 2001.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 233p.

FERREIRA, D.F. **Sisvar - Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

FERREIRA, G.B.; SANTOS, A.C.M. XAVIER, R.M.; FERREIRA, M.M.M.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Deficiência de fósforo e potássio na mamoneira (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade. 1., 2004, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD-Rom. 8p.

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, p.37-68, 1997.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2.ed. Revisada e ampliada. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2000. 437p

FRIZZONE, J.A. **Controle de irrigação**. Piracicaba, ESALQ. Departamento de Engenharia Rural, 1990. 25p.

FURLANI, A.M.C. **Nutrição mineral**. In: KERBAUY, G.B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, p.40-75, 2004.

GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A.; QUAGGIO, J.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.253-258, 1986.

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

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 3.ed. Piracicaba: São Paulo: Nobel, 1982. 436p.

GUSMÃO, C.A.G.; FERNANDES, L.A.; D'ANGELIS, S.J.; SOUZA, F.F.O.; VITORINO, D.S.J.; LEITE, G.L.D. Modificações no crescimento e na área foliar de plântulas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) ocasionadas por distúrbios nutricionais. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2, 2007, Brasília. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura/56.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2010.

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

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, p.75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A.; SANTOS, H. F. (Editores). **Reuso de água**. Barueri, SP: Manole, p. 37-95, 2003.

HOCKING, P.J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Annals of Botany**, v.49, p.51-62, 1982.

IZZO, R. ;NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, v.14, p.687-699, 1991.

IZZO, R. Influence of NaCl treatment on Ca, K and Na interrelations in maize shoots. In: FRAGOSO, M. A. C.; BEUSICHEM, M. L. **Optimization of plant nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.577-582, 1993.

JOHNS G.G.; McCONCHIE, D.M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.45, p.1619-1638, 1994.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC, 1984. 315p.

KHATUM, S.; FLOWERS, T. J. Effects of salinity on seed set in rice. **Plant Cell and Environment**, v.18, p.61-67, 1995.

KOURAA, A; FETHI. F.; FAHDE, A.; LAHLOU, A. QUAZZANI, N. Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilization pond system in Benslimane (Morocco). **Urban water**, v.4, p.373-378, 2002.

LACERDA, R.D. **Resposta da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu a diferentes níveis de água e matéria orgânica no solo**. Campina Grande: UFCG, 2006. 70p. Dissertação de Mestrado.

LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.145-151, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: PRADO, C.H.B.A. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LAURETI, D. Fabbisogni idrici del ricino (*Ricinus communis* L.) mediante l'impiego di coefficienti colturali e di deficit idrico. **Agroinsútria**, v.1, n.3, p.165-167, 2002.

LAUCHLI, A. EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K.K. (ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York: SCE, p.113-137, 1990.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.1969-1975, 2008.

- LAVIOLA, B. G. **Palestra: Recursos genéticos e melhoramento do pinhão manso.** In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009. Brasília: Embrapa Agroenergia. 2009. Disponível em <http://www.cnpae.embrapa.br>. Acessado em 18 de janeiro de 2011.
- LAVRES JÚNIOR, A.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiência de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.1, p.61-67, 2005.
- LEÓN SUEMATSU, G.; CAVALLINI, J.M. **Tratamento e uso de águas residuárias.** Tradução de GHEYI, H.R.; KONIG, A.; CABALLOS, B.S.O.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB. 1999. 109p.
- LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB-SBEA, p.113-127, 1997.
- LIMA, C.H.L.; ALMEIDA, H.J.S.; MEIRELES, F.H.S.; COSTA, M.G.; DOURADO, G.F.; SEREJO, J.S.; SALGADO, G.M. **Avaliação da produtividade do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no primeiro ano de plantio no estado do Maranhão.** 2008. Disponível em <http://www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia/trabalhos/089.PDF>. Acesso em 23 de outubro de 2008.
- LOPES, J.C.; MACEDO, C.M.P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.79-85, 2008.
- LUCENA, A.M.A.; GUERRA, H.O.C.; CHAVES, L.H.G.; COSTA, F.X. Análise de um efluente de esgoto tratado e seu efeito em propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico. Mossoró – RN. **Revista Caatinga**, v.19, n.4, p.409-414, 2006.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division of ASCE**, v.103, n.2, p.115-134. 1977.
- MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, New York, v.1, p.12-26, 1986.
- MAAS, E.V.; GRATTAN, S.R. Crop yields as affected by salinity. In: SKAGGS, R.W.; VAN SCHILFGAARDE, J. **Agricultural drainage.** Madisson: American Society of Agronomy, n. 38, cap 3, p. 55-108, 1999.
- MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of Different Provenances of *Jatropha curcas*: **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.45, n.8, p.3152 -3157, 1997.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1980, 251p.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação.** 5.ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1989. 292p.
- MALAVOLTA, E. Nutri-fatos: informação agronômica sobre nutrientes para as culturas. **Arquivo do Agrônomo.** Piracicaba: Potafos, n.10, p.13. 1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997, 319p.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, 2003.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 469p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London, New York: Academic Press, 1995. 889p.

MARTIN, J.P.; RICHARDS, S.J.; PRATT, P.F. Relationship of exchangeable Na percentage at different soil pH levels to hydraulic conductivity. **Soil Science Society America of Proceedings**, v.28 p.620-622, 1964.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. **A qualidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1994. 60p.

MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; PEREIRA, A.R. Comparação entre evaporação em tanque classe A padrão e mini-tanque, instalados em estufas e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997. Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: SBA, p.228-230, 1997.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J.A.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A., FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.109-115, 2008.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S.A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**, v.285, p.69-77, 2002.

MELO, F.B; BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, P.H.S. **Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Semi-Árido**. Teresina: PI, p.16-17, 2003. (Documentos, 74).

MELO, R. D.; LEE, G. T. S.; MASSARO, R. I. Influência da Poda na Produção de Pinhão Manso (*Jatropha Curcas* L.). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2008, São Carlos. **Anais...**, São Carlos: UFSCar, v. 4, p. 381, 2008.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. 3.ed. New York: McGraw-Hill Book, 1991, 1334p.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo glei pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 209-215, 2000.

MONTE, H.M.; SOUZA, M.S. Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent. **Water Science and Technology**, v.26, n.7-8, p.1603-1613, 1992.

MONTERLE, L.M.; LOPES, P. C.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C. A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

NASCIMENTO, M.B.H. **Modificações no ambiente edáfico, na água e na mamoneira submetidos ao uso de biossólido e água residuária**. Campina Grande: UFCG, 2003. 75p. Dissertação de Mestrado.

NERY, A. R. **Crescimento e desenvolvimento do pinhão-mansó irrigado com águas salinas sob ambiente protegido**. Campina Grande: UFCG, 2008. 116p. Dissertação de Mestrado.

NERY, A.R.; RODRIGUES, L.N.; SILVA, M.B.R.; FERNANDES, P.D.; CHAVES, L.H.G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H.R. Crescimento do pinhão-mansó irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.551-558, 2009.

NERY, A.R.; RODRIGUES, L.N., SILVA, M.B.R., FERNANDES, P.D. FERREIRA, D.J.L.; XAVIER, D.A. Emissão de inflorescências do pinhão-mansó irrigado com águas salinas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Mansó. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009a. 4p.

NERY, A.R.; RODRIGUES, L.N., SILVA, M.B.R., FERNANDES, P.D. FERREIRA, D.J.L.; XAVIER, D.A. Produção do pinhão-mansó irrigado com águas salinas em ambiente protegido. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Mansó. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009b. 4p.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. 1017p.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAUJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em ambiente controlado**. Brasília: Embrapa. p.189-273, Documentos, 3. 1991.

NUNES, H.B.; ALMEIDA, R.G.; ALMEIDA, J.A.R. Desenvolvimento vegetativo e produtividade do pinhão mansó no oeste da Bahia. In: I Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Mansó. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. 5p.

PAULO, E.M.; BATAGLIA, O.C.; KASAI, F.S.; CAVICHIOLI, J.C. Deficiência de boro em mamona. **Bragantia**, v.48, p.241-247, 1989.

PAVANI, L.C. **Evapotranspiração e produtividade em feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) sob três níveis de potencial de água no solo.** Piracicaba: ESALQ, 1985. 171p. Dissertação de Mestrado.

PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas.** São Paulo: Nobel, 1973. 284p.

PENIDO FILHO, P.; VILLANO, F. O emprego éster da mamona nos motores dos veículos FIAT. In: CONGRESSOBRASILEIRO DE ENERGIA. 3., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1984.

PENHA, M. N.C.; SILVA, M.D.P.; MENDONÇA, K.K.M.; BRANDÃO, K.S.R.; MACIEL, A.P.; SILVA, F.C. **Caracterização físico-química da semente e óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) cultivado no Maranhão.** 2007. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/caracterizacao/13.pdf>. Acesso em 15 de maio 2011.

PESCOD, M.B. **Wastewater treatment and reuse in agriculture.** Rome: FAO 1992, 125p. (Irrigation and Drainage Paper, 47).

PIVELI, R.P.; DORIA, M.C. Condições Operacionais de Sistema de Tratamento de Esgotos por Lagoas de Estabilização em Lins/SP. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22., 2003, Joinville. **Anais...**, Joinville: ABES, 2003. CD-Rom

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

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O.A. **Pinhão manso.** Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. Irrigation and sodicity. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.31, p.821-837, 1993.

RENGEL, Z.; BATTEN, G.D.; CROWLEY, D.E. Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. **Field Crop Research**, v.60, p. 27-40, 1999.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M.; **Uso de águas salinas para produção agrícola.** Tradução de GHEYI, H. R.; SOUZA, J.R.; QUEIROZ, J.E. FAO: Irrigação e Drenagem. Campina Grande: UFPB, n.48, 2000. 117p.

RIBEIRO, M.C.C.; MARQUES, B.M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.281-284, 2001.

RICHARDS, L.A. **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos e sodicos.** United States Department of Agriculture (USDA), México, D.F, 1977. 172p.

RODRIGUES, L.N. **Estresse salina na germinação, produção de mudas e produção de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.).** Campina Grande: UFPB, 2000. 145p. Dissertação de Mestrado.

RODRIGUES, L.N. **Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária**. Campina Grande: UFPB, 2008. 144p. Tese de Doutorado.

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M.; GHEYI, H.R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, (Suplemento), p.825-835, 2009a.

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M. Aplicação de água residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.9, n.2, p.55-67, 2009b.

ROZA, F. A.; GOMES, F.P.; CARVALHO, M.; ALMEIDA, A.A.F.; SANTOS, E. Eficiência de uso da água na fase inicial de crescimento do pinhão-manso. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. 5p.

SANTOS FILHO, S.V.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, M.; SANTOS, M.A. Absorção de nutrientes durante a fase vegetativa da mamoneira em três solos da região de Mossoró, RN sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade. 1., 2004, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD-Rom. 5p.

SANTOS, J.W. dos; GHEYI, H.R. **Estatística experimental aplicada – Tópicos de engenharia agrícola e agrônômica**. Ed. Gráfica Marcone Ltda. Campina Grande. 2003. 213p.

SANTOS, J.W.; MOREIRA, J.A.N.; BELTRÃO, N.E. de M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.3, p. 225-230, 1998.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J. TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: **Informe Agropecuário**, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

SEDIYAMA, G.C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília, ABEAS, 1987. 143p.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel.1., 2006, Brasília. **Anais...**, Brasília: ABIPTI e MCT, 2006. 5p

SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.A.; FERREIRA, G.B.; CARDOSO, G.D.; GONDIM, T.M.S.; BELTRÃO, N.E. de M.; VIRIATO, J.R. Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.62, 2005, 19p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

SILVA, M.B.R. **Produção de pinhão manso irrigado com água residuária, em função de reposição da evapotranspiração**. Campina Grande: UFCG, 2009. 150p. Tese de Doutorado.

SILVA, M.B.R.; NERY, A.R.; FERNANDES, P.D.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V.L.A.; VIÉGAS, R.A. Produção do pinhão manso, primeiro ano, irrigado com água residuária. In:

Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. 3p.

SILVA, M.B.R.; FERNANDES, P.D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A.R.; RODRIGUES, L.N.; VIÉGAS, R.A. Crescimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.621-629, 2011.

SILVA, S.M.S. **Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneira irrigados com águas salinas**. Campina Grande: UFCG, 2004. 74p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, S.M.S.; ALVES, A.N.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E. de M.; SEVERINO, L.S.; SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.347-352, 2005.

SILVA, S.M.S.; ALVES, A.N.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E. de .M.; SEVERINO, L.S.; SOARES, F.A.L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.335-342, 2008.

SMITH, C.J.; HOPMANS, P.; COOK, F.J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. **Environmental Pollution**, v.94, p.317-323, 1996.

SOARES, B.O.; JUHÁSZ, A.C.P.; PIMENTA, S.; RABELLO, H.O. Correlação entre produtividade e teor de óleo em *Jatropha curcas* L. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. 3p.

SOUSA, A.E.C.; NASCIMENTO, E.C.S.; CORREIRA, K.G.; NOBRE, R.G.; GHEYI, H.;R.; FERNANDES, P.D. Teor de nutrientes em pinhão manso em função da lâmina de irrigação com água residuária. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009a. 5p.

SOUSA, A.E.C.; NASCIMENTO, E.C.S.; CORREIRA, K.G.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.;R.; FERNANDES, P.D. Teor de macro e micronutrientes em folhas pinhão manso irrigado com água salina. In: I Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009b. 5p.

SOUSA, J.T.; LEITE, V.D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande: EDUEP, 2.ed. 2003. 135p.

SOUZA, E.C.A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, v.2, p.327-333, 1997.

SOUZA, M.R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1995. 94p. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, N.C. **Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização**. Fortaleza: UFC, 2006. 127p. Dissertação de Mestrado.

- SOUZA, N.C.; MOTA, S.B., BEZERRA, F.M.L.; AQUINO, B.F.; SANTOS, A.B. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.478-482, 2010.
- STEWART, H.T.L.; HOPMANS, P.; FLINN, D.W. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. **Environmental pollution**, v.63, p.155-177, 1990.
- STIRPE, F.; PESSON-BRIZZI, A.; LORENZONI E, STROCCHI, P.; MONTANARO, L. Studies on the proteins from the seeds of *croton Tiglium* and of *Jatropha curcas*. Toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro. **Biochemical Journal**. v.156, n.1, p.1-6, 1976.
- 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..
- SUMNER, M.E. Sodic soils: new perspectives. **Australian Journal of Soil Research**, v.31, p.683-750, 1993.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TAYER, J.N. **Effect of irrigation methods with saline waters o maize production and salt distribution in soil**. Bari: International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies. 1987. 285p. Dissertação de Mestrado.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.
- TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K.; SOUSA, L.A.S.; RESENDE, P.L.; SILVA, N.D. **Cultivo do pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa-MG, Centro de Produções Técnicas - CPT, 2007. 220p.
- TRAJANO, E.V.A.; DANTAS NETO, J.; ARAÚJO, B.A.; SANTOS, Y.M.; AZEVEDO, C.A.V. Crescimento e produção do pinhão manso irrigado, primeiro ano, sob diferentes adubações no semi-árido paraibano. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. 3p.
- VALE, L. S.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão manso. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. 1., 2006, Brasília. **Anais...**, Brasília ABIPTI e MCT, 2006. 4p.
- VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N.J.; MARA, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science & Technology**, v.33, p.355-362, 1996.
- VEDANA, J.C. **Mamona X Pinhão**. 2008. Disponível em <http://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/mamona-ou-pinhao-manso.htm>. Acesso em 04 novembro de 2010.
- VERAS, R.P.; LAIME, E.M.O.; FERNANDES, P.D.; SOARES, F.A.L.; FREIRE, E.A. Altura de planta, diâmetro caulinar e produção do pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.582-587, 2011.

VIANA, S.B.A. **Estresse salino na germinação, fase de muda e produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Campina Grande: UFPB, 2000. 127p. Dissertação de Mestrado.

XAVIER, J.F. **Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina**. Campina Grande: UFCG, 2007. 101p. Dissertação de Mestrado.

WEISS, E.A. **Castor, sesame and sunflower**. London: Leonard Hill, 1971. 901 p.

APÊNDICE

Figura A1: Imagens Ilustrativas dos Experimentos com Pinhão-Manso

