



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS COPOAG – COORDENAÇÃO DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**“ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DE INDÚSTRIAS E
SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO
DA MAMONEIRA BRS NORDESTINA”**

JOSILDA DE FRANÇA XAVIER

CAMPINA GRANDE, PB

MARÇO – 2007

JOSILDA DE FRANÇA XAVIER

**“ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DE INDÚSTRIAS E
SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO
DA MAMONEIRA BRS NORDESTINA”**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola do Centro de
Tecnologia e Recursos Naturais da
Universidade Federal de Campina Grande,
PB, em cumprimento às exigências para
obtenção do título de Mestra**

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Orientadores: Professor. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Professor. Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão

CAMPINA GRANDE, PB

MARÇO – 2007



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

X3a

2007 Xavier, Josilda de França.

“Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina / Josilda de França Xavier. — Campina Grande, 2007.

101f. : il. Color.

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

Referências.

Orientadores: Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão.

1. Águas Residuárias Tratadas. 2. Irrigação. 3. Mamona. I. Título.

CDU- 628.3.03(043)



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

JOSILDA DE FRANÇA XAVIER

ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DE INDÚSTRIAS E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E
DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA BRS NORDESTINA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

APROVADO

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Orientador

APROVADA

Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão - Orientador

APROVADO

Dr. Antônio Ricardo S. de Andrade - Examinador

APROVADA

Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima - Examinador

MARÇO - 2007

*“Embora ninguém possa voltar atrás e
fazer um novo começo, qualquer um pode
começar agora e fazer um novo fim”*

(Chico Xavier)

DEDICATORIA

A meus filhos, Fabiano Víctor e Caio Víctor, por tudo que representam na minha vida; pela força, pelo amor, compreensão, pelos incentivos e por entenderem a minha ausência durante estudo mesmo sendo crianças

HOMENAGEM

*A meus pais. José Xavier das Neves
(in-memorian) e a minha mãe, Maria Neuza de
França Xavier, pela confiança em mim depositada e
por tudo que eles representam na minha formação
moral e educacional*

AGRADECIMENTOS

Ao todo poderoso **Deus**, porque sem Ele nada teria acontecido; pela força e coragem para vencer os obstáculos desta caminhada e pela certeza de que em todos os momentos Ele esta ao meu lado.

A meus irmãos, **Josinaldo e Ademir**, e minhas irmãs **Aldenoura e Simone**; a meus sobrinhos e sobrinha, que sempre acreditaram em mim, e pelo apoio moral.

Ao pai dos meus filhos, Antonio Araújo pela sua ajuda indiretamente.

Aos meus orientadores. Prof^o. Dr. Carlos Alberto V. de Azevedo e Prof^o. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, pela orientação, dedicação, paciência, amizade, fornecimento de material bibliográfico e pela imensurável contribuição para que este trabalho fosse desenvolvido e concluído.

Ao curso de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFPB), pela oportunidade de realizar este curso.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, que estiveram presentes durante esta trajetória.

Ao Prof^o. Dr. Antonio Ricardo Santos de Andrade, pela contribuição na implantação dos tensiômetros e nas análises estatísticas.

Aos amigos e amigas do curso de Pós Graduação, que contribuíram no fornecimento de materiais e na interação nos estudos: Adriano, Gilson, Jardel, João Herbert, Lamarck, Falcão, Rogério, Sparkson, Márcia e a Jacqueline em especial pela ajuda acadêmica e sua presença ao meu lado, nos momentos de alegria e de dificuldades durante o mestrado.

Às Secretárias do curso de Pós Graduação, Rivanilda e Cida, pela dedicação e ajuda constantes nos serviços burocráticos.

Às amigas, Aline, Betânia e Soahd pela colaboração acadêmica.

Em especial aos amigos Edson Carneiro Junior, por sua constante presença na minha vida, no apoio moral, intelectual e espiritual, e a Rogaciano Cirilo Batista, pelo incentivo, contribuição e fornecimento de materiais para a conclusão deste estudo.

Ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB, pela realização das análises físicas e químicas das águas residuárias e do solo.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/Algodão), na pessoa de Prof^o. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, por ter concedido a casa de vegetação para o desenvolvimento do experimento, pelas sementes de mamona e fertilizantes utilizados.

As indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM, por terem contribuído para a realização deste trabalho.

À Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES) UFPB/UEPB, na pessoa do Prof^o. Dr. Valderi Duarte, pela realização das análises químicas da água residuária.

Ao laboratório de Química e Fertilidade do Solo, da Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, PB na pessoa do Prof^o. Adailson Pereira de Sousa, e a Ednaldo, nas realizações das análises.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Aos funcionários do laboratório (LIS): Adilson Barros, Francisco de Assis Oliveira (DOUTOR), Wilson Barros e José Maria, pela ajuda nas análises física e química das águas residuárias e do solo.

Aos estagiários/as do laboratório da EXTRABES, especialmente a Danuza, Rita de Cássia, Danila e Vanderson, pela contribuição nas análises da água residuária.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1.0. INTRODUÇÃO	1
2.0. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Distribuição da Água na Natureza	4
2.2. Problemática Ambiental	6
2.2.1. Fontes de Poluição da Água	6
2.2.2. Composição e Característica da Qualidade dos Esgotos	7
2.2.3. Características dos Despejos Indústrias	8
2.2.4. Tratamento dos Esgotos	9
2.2.5. Lagoas de Estabilização	9
2.3. Reuso	10
2.3.1. Reuso de Águas Residuárias	10
2.3.2. Potencial de Reuso de Água no Brasil	11
2.3.3. Importância do Reuso	12
2.3.4. Benefícios Ambientais e de Saúde Pública do Reuso de Água para Fins Agrícola	13
2.4. Impactos da Disposição de Efluentes no Sistema Solo-Planta-Ambiente	14
2.4.1. Efeitos sobre as Características Físicas-Químicas do Solo	14
2.5. Uso da Água Residuária e Suas Restrições	18
2.5.1. Água para Agricultura	18
2.5.2. Problemas Relacionados à Qualidade de Água	20
2.5.3. Toxicidade de Íons Específicos	21
2.6. A Cultura da Mamona	22
2.6.1. O Agronegócio da Mamona no Brasil	25
2.6.2. Importância Socioeconômica	26
2.6.3. Matérias-Primas para a Produção de Biodiesel	26
2.6.3.1. Óleos Vegetais	27
2.6.3.2. Motivações para a Produção do Biodiesel	28
2.6.4. Nutrição Mineral na Mamona	29

2.5.5. Funções dos Macronutrientes na Mamoneira.....	29
2.7. Manejo de Irrigação.....	30
3.0. MATERIAL E METODOS.....	33
3.1. Local do Experimento e Clima.....	33
3.2. Cultivar utilizada.....	33
3.3. Instalação e Condução do Experimento.....	34
3.3.1. Delineamento Experimental.....	35
3.3.2. Caracterização do Solo e Adubação Mineral.....	36
3.3.3. Semeadura, Germinação e Desbaste da Plântula.....	37
3.3.4. Controle de Pragas e Ervas Daninhas.....	39
3.3.5. Monitoramento da Água Residuária Utilizada no Experimento.....	39
3.3.6. Manejo da Irrigação.....	42
3.3.7. Variáveis Avaliadas.....	45
3.3.7.1. Variáveis Físico-Químicas das Águas Residuárias Tratadas.....	45
3.3.7.2. Variáveis de Desenvolvimento, Produção e Fitomassa.....	48
3.3.7.3. Análise Estatística.....	48
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
4.1. Monitoramento das Águas Residuárias Tratadas para Irrigação.....	50
4.2. Característica Química do Solo no Final da Pesquisa.....	57
4.3. Variáveis Agrometeorológicas.....	59
4.4. Volume de Água Aplicado.....	60
4.5. Variáveis de Crescimento.....	63
4.5.1. Altura da Planta.....	63
4.5.2. Diâmetro Caulinar.....	65
4.5.3. Área Foliar Total.....	67
4.6. Variáveis de Produção e Fitomassa.....	77
5.0. CONCLUSÕES.....	84
6.0. RECOMENDAÇÕES.....	85
7.0. BIBLIOGRAFIA.....	86
ANEXOS.....	96
APÊNDICES.....	100

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Principais parâmetros de importância nos efluentes industriais, em função do ramo de atividade da indústria.....	
Tabela 2. Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação.....	20
Tabela 3. Características químicas (fertilidade) do solo antes da instalação do experimento.....	37
Tabela 4. Características físico-hídricas do solo antes da instalação do experimento.....	37
Tabela 5. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM.....	52
Tabela 6. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM.....	53
Tabela 7. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM.....	55
Tabela 8. Análises das águas residuárias tratadas das Indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM.....	56
Tabela 9. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM.....	57
Tabela 10. Valores médios das análises química (fertilidade) do ambiente edáfico no final do experimento.....	58
Tabela 11. Volume total de água aplicado durante o experimento e total de irrigação EMBRAPA/ALGODÃO Campina Grande, PB, 2006.....	61
Tabela 12. Análise de variância da variável altura da planta (cm) ao longo do cultivo da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos.....	64
Tabela 13. Análise de variância da variável diâmetro caulinar (cm) ao longo do cultivo da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos.....	66
Tabela 14. Análise de variância da variável área foliar total (cm ²) ao longo do cultivo da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos.....	68
Tabela 15. Valores médios dos dados de altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e Área foliar total (AFT) da mamoneira, submetido aos diferentes tipos de água e as testemunhas.....	70
Tabela 16. Valores médios dos dados de altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e Área foliar total (AFT) da mamoneira submetido aos diferentes níveis de água disponível no solo.....	71

Tabela 17. Valores médios das interações significativas referente à altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar total (AFT) da mamoneira, submetida a diferentes tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (N) ao final aos 155 DAS.....	74
Tabela 18. Análise de variância das variáveis números de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC), da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos aos 135 dias após a semeadura (DAS).....	78
Tabela 19. Valores médios dos dados do número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira submetida aos diferentes tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (N) ao final do cultivo.....	79
Tabela 20. Valores médios das interações significativas da análise de variância referente ao número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira, submetido diferentes tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (N) ao final do cultivo.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mamona (<i>Ricinus communis L.</i>) 2006.....	22
Figura 2. Casa de vegetação do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão CNPq/EMBRAPA ALGODÃO, Campina Grande, PB, 2006.....	33
Figura 3. Visão geral do experimento da casa de vegetação da EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006.....	34
Figura 4. Germinação das sementes da mamoneira cultivar BRS Nordestina, casa de vegetação da EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006.....	38
Figura 5. Desbaste da mamoneira cultivar BRS Nordestina, casa de vegetação da EMBRAPA ALGODÃO, Campina Grande, PB, 2006.....	38
Figura 6. Estação de tratamento dos efluentes utilizados na pesquisa: A. ETE da IPELSA; B. Saída do efluente final da IPELSA; C. Entrada do efluente bruto com Grade e calha Parshall da ETE da LEBOM; D ETE da LEBOM; E UASB da ETE da COTEMINAS; F Saída do efluente da ETE da COTEMINAS para o meio ambiente, Campina Grande, PB, 2006.....	41
Figura 7. Irrigação manual utilizando-se Becker, casa de vegetação da Embrapa/Algodão, Campina Grande-PB, 2006.....	44
Figura 8. Coluna de mercúrio para monitoramento do o conteúdo de água no solo, casa de vegetação Embrapa Algodão, Campina Grande,PB, 2006.....	44
Figura 9. Temperatura e evaporação do Tanque Classe A média. dentro e fora do ambiente protegido durante o ciclo da cultura.....	59
Figura 10. Umidade relativa média mensal do ar, dentro e fora do ambiente protegido durante o ciclo da cultura.....	60
Figura 11. Volume total de água aplicada para cada tratamento do experimento.....	62
Figura 12. Valores médios dos dados altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e Área foliar total (AFT) ao longo do cultivo da mamoneira com indicação dos ajustes de regressão para todos os níveis de água disponível no solo (N).....	75
Figura 13. Valores médios da altura da planta (A), diâmetro caulinar (B) e da área foliar total (C) ao longo do cultivo da mamoneira, para as interações fatores analisados (A x N) e as testemunhas.....	76

Figura 14. Valores médios dos dados do número de frutos por planta (NF), peso seco das rólhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira com indicação dos ajustes de regressão para cada nível de água disponível no solo (N).....	80
Figura 15. Valores médios do número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira, para as interações entre os fatores analisados (A x N) versus testemunhas, ao final de 135 dias após a semeadura (DAS).....	83
Figura 16. Vista geral ao final da pesquisa, Casa de Vegetação EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006.....	100
Figura 17. Produção COTEMINAS 100%, Casa de Vegetação EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006.....	100
Figura 18. Produção LEBOM 100%, Casa de Vegetação EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006.....	100
Figura 19. Produção IPELSA 100%, Casa de Vegetação EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006.....	100
Figura 20. A ₄ N ₁ 100% AD.....	101
Figura 21. AF ₄ N ₁ NPK 100% AD.....	101
Figura 22. A ₂ N ₁ COTEMINAS 100%AD.....	101
Figura 23. A ₃ N ₁ LEBOM 100% AD.....	101

ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DE INDÚSTRIAS E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA BRS NORDESTINA

RESUMO: Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos de níveis e tipos de águas residuárias tratadas provenientes de indústrias, sobre o crescimento e desenvolvimento da mamona, variedade BRS Nordestina. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, CNPA EMBRAPA, localizado na cidade de Campina Grande, PB. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados no esquema fatorial misto $[(4 \times 3) + 3]$ com três repetições, possuindo os seguintes fatores: três tipos de águas residuárias e uma de abastecimento (A_1 = IPELSA - Indústria de Celulose e Papel da Paraíba S.A; A_2 = COTEMINAS - S.A; A_3 = ILCASA - Indústria de Laticínios de Campina Grande S.A (LEBOM) e A_4 = água de abastecimento), três níveis de água disponível no solo (N_1 = 100, N_2 = 80 e N_3 = 70% da capacidade máxima de água disponível no solo) e três testemunhas usando-se água de abastecimento com fertilizantes inorgânicos na fundação, com NPK (AF₄), também na presença dos níveis de água disponível no solo. As fontes de nutrientes foram, respectivamente, sulfato de amônio (20% N), superfosfato triplo (43% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O). Para avaliar o crescimento realizaram medidas quinzenais, pelo período de 135 dias, das variáveis altura de planta, diâmetro do caule e área foliar total. Os quatro diferentes tipos de água promoveram diferenças estatisticamente significativas nas variáveis altura de planta, diâmetro do caule e área foliar total. A mamoneira, cultivar BRS Nordestina, respondeu bem a irrigação com água residuária tratada, em especial da indústria COTEMINAS, a mais rica e equilibrada em nutrientes minerais entre as testadas (IPELSA e LEBOM), mesmo considerando o tratamento com água de abastecimento adubado com NPK, com decréscimo de 16% com relação à testemunha absoluta e de 9,7% com relação à testemunha com adubação inorgânica. Com o uso de somente água de abastecimento, as plantas da mamoneira nem se quer iniciaram a floração, e ficaram raquíticas e desnutridas, com sintomas de deficiências de diversos nutrientes, em especial nitrogênio e enxofre. A água residuária da COTEMINAS promoveu o maior crescimento e desenvolvimento das plantas além da produção de frutos. Verificou-se em média decréscimo de 66% na altura das plantas, de 98% no diâmetro caulinar e de 97% na área foliar para a testemunha absoluta (água de abastecimento sem adubação NPK) quando combinada com os três níveis de água disponível no solo, em comparação à água residuária da COTEMINAS.

Palavra-chave: águas residuárias tratadas, irrigação, mamona

ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DE INDÚSTRIAS E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA BRS NORDESTINA

ABSTRACT: This research aimed to evaluate the effects of levels and types of treated wastewaters from industries on the growth and development of the castor oil plant, variety BRS Nordestina. The experiment was conducted in greenhouse of the National Center of Research of Cotton, CNPA EMBRAPA, located in the city of Campina Grande, PB. The experimental design was in entirely randomized blocks in mixed factorial scheme [(4 x 3) + 3] with three repetitions, having the following factors: three types of wastewaters and one of provisioning (A1 = IPELSA - Industry of Cellulose and Paper of Paraíba S.A; A2 = COTEMINAS-S.A; A3 = ILCASA-Industry of Dairy products of Campina Grande S.A (LEBOM) and A4 = water of provisioning), three levels of available water in the soil (N1 = 100, N2 = 80 and N3 = 70% of the maximum capacity of available water in the soil) and three controls being used water of provisioning with inorganic fertilizers in basal dose manuring, with NPK (AF4), also in the presence of the levels of available water in the soil. The sources of nutrients were, respectively, sulfate of ammonium (20% N), triple superphosphate (43% P₂O₅) and potassium chloride (60% K₂O). To evaluate the growth biweekly measures of the height, diameter of the stem and total foliar area of the plant were accomplished, for the period of 135 days. The four different types of water promoted differences statistically significant in the variables height, diameter of the stem and total foliar area of the plant. The castor oil plant, variety BRS Nordestina, responded well to irrigation with treated wastewater, especially from the industry COTEMINAS, the richest and balanced in minerals nutrients among the tested ones (IPELSA and LEBOM), even considering the treatment with water of provisioning fertilized with NPK, with decrease of 16% regarding the absolute control and of 9.7% regarding the control with inorganic manuring. With the use of only water of provisioning, the castor oil plants did not begin the blooming, and they were rickety and undernourished, with symptoms of deficiencies of several nutrients, especially nitrogen and sulfur. The wastewater from COTEMINAS promoted the largest growth and development of the plants besides the production of fruits. It was verified decrease of 66% in the height of the plants, of 98% in the stem diameter and of 97% in the foliar area for the absolute control (water of provisioning without manuring NPK) when combined with the three levels of available water in the soil, comparing to the wastewater from COTEMINAS.

Key-words: treated waste water, irrigation, castor oil plant

1.9. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios atualmente para a população do mundo é o controle do desperdício de água potável. A escassez dos recursos hídricos e o crescimento explosivo da população obrigam a priorização do uso das águas superficiais para o abastecimento público e a geração de energia elétrica, ficando, conseqüentemente, as atividades agrícolas comprometidas. Além do mais, as reservas de águas (lagos, rios, córregos etc.) vêm sendo poluídas em ritmo acelerado pela ação do homem, através da incorporação de resíduos domésticos, industriais e da agricultura.

O reuso das águas residuárias tratadas é considerado um excelente instrumento para otimização dos recursos hídricos, cada vez mais ameaçados de escassez. Mais que isso, é uma forma de desenvolvimento sustentável, podendo os recursos hídricos ser aproveitados de forma permanente. Nas regiões áridas e semi-áridas do planeta, o reuso de efluentes de estação de tratamento de esgotos vem crescendo a cada dia, melhorando a qualidade de vida e as condições sócio-econômicas das populações do meio rural, com o aumento da produtividade agrícola, recuperação de áreas degradadas ou improdutivas, e, ainda, no que diz respeito ao meio ambiente, contribuindo para a conservação e preservação dos recursos hídricos, evitando a descarga de esgoto bruto nos mananciais. (MANCUSO, 2003).

O reuso e reciclo de águas servidas em indústrias vem ganhando espaço nos dias atuais, face a necessidade de redução dos custos finais de produção, numa época em que a economia globalizada condiciona as empresas a uma maior competitividade, sendo, portanto, de extrema necessidade, o aumento de produtividade com a conseqüente redução de custos.

Outro fator importante também levado em consideração na reutilização das águas residuárias das indústrias, é a conscientização ambiental, que vem se destacando dia a dia, nos diversos setores da sociedade moderna, com uma cobrança cada vez maior da sociedade civil organizada às autoridades competentes, bem como aos setores produtivos da sociedade. Com efeito, as alterações que vem ocorrendo no meio ambiente, sobretudo pelo descarte de resíduos industriais, de forma desordenada, vêm ocasionando a escassez de água de boa qualidade, reorientando o empresário a uma mudança de comportamento, no mundo inteiro, do ponto de vista técnico/ambiental, que minimize os impactos ambientais e preserve o ecossistema às gerações futuras. É o conceito de tecnologia limpa.

Os esgotos sanitários possuem mais de 99% de sua composição constituída por água, portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos, porém na contaminação, entre os quais se destacam: sólidos suspensos, compostos orgânicos (proteínas: 40 a 60%, carboidratos: 25 a 30%, e óleos e graxas: 10%), nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, sólidos dissolvidos inorgânicos, sólidos inertes, sólidos grosseiros, organismos patogênicos e, ocasionalmente tóxicos decorrentes das atividades industriais ou acidentais (NETO et al., 1999). Desta maneira, as águas residuárias tratadas trazem vantagens à agricultura irrigada diante da adição de matéria orgânica e nutriente ao solo, reduzindo o uso de fertilizantes químicos.

Países desenvolvidos e em desenvolvimento vem adotando consideravelmente a prática do reuso de água residuária tratada no cultivo de várias espécies, tais como leguminosas, forrageiras, gramíneas e hortaliças, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, devido à água ter se tornado um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Nos últimos anos no Brasil, os estudos científicos sobre o reuso de águas residuárias tratadas na irrigação tiveram um papel importante, resultando em avanços tecnológicos na agricultura, a exemplo dos resultados de pesquisas apresentados no Workshop Uso e Reuso de Águas de Qualidade Inferior, realizado em Campina Grande, PB, em novembro de 2005.

A cultura da mamona (*Ricinus Communis L*) é de elevada importância para o semi-árido brasileiro por ser de fácil cultivo, resistente à seca, além de proporcionar ocupação e renda no meio rural, sendo bastante cultivada por pequenos produtores. No Brasil sua introdução se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos, associada às condições favoráveis ao seu crescimento, que possibilitou tornar-se uma planta de grande dispersão no território nacional. A mamoneira é uma das 7.000 espécies da família das Euforbiáceas. O óleo é o seu principal produto em importância econômica, único na natureza solúvel em álcool, com inúmeras aplicações industriais, como plásticos, fibras sintéticas, tintas e esmaltes, lubrificantes, entre outros (BELTRÃO et al., 2001).

O uso do óleo na ricinoquímica ainda é pequeno, porém com ampla possibilidade de ser utilizado para a fabricação de biodiesel, com perspectiva de área plantada dez vezes maior que a atual, podendo o Brasil passar a ser o maior produtor mundial. Além disso, recentemente na Europa foi proibido o uso do enxofre como agente

aditivo de lubricidade do diesel mineral: desta forma, o óleo da mamona poderá ser o seu substituto, pois tem cerca de 35% a mais de lubricidade do que os demais óleos. Considerando ainda que o enxofre em contacto com a água da atmosfera, forma ácido sulfúrico, ocasionando a chuva ácida, um dos eventos mais poluidores do mundo moderno (BELTRAO et al., 2001).

A partir de 1991, o Brasil se destacou como importador de óleo de mamona estando seu principal mercado comprador nos Estados Unidos, Alemanha, Bélgica, Reino Unido e Itália. O consumo interno médio de óleo de mamona gira em torno de 12 mil toneladas por ano (AZEVEDO e LIMA, 2001).

Nos últimos três anos tem-se intensificado o Programa Nacional de Biocombustível, e para a região Nordeste, a mamona tem sido considerada como uma das principais matérias prima para fabricação do biodiesel. O uso de águas residuárias tratadas no cultivo da mamona poderá reduzir o custo de produção de biodiesel e colaborar para a redução da poluição do ambiente, aspectos de suma importância no mundo atual, além de gerar trabalho e renda. Benefícios sociais: o grande mercado energético brasileiro e mundial poderá dar sustentação a um imenso programa de emprego e renda a partir da produção do biodiesel.

2.0. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Distribuição da Água na Natureza

Do total da água existente no planeta, 97,21% correspondem à água salgada, imprópria para a maioria das necessidades humanas e cerca de 2,15% se encontram sobre as planícies das regiões próximas aos pólos. Assim, menos de 0,70% correspondem à água doce. Desses 0,70% de água doce existente no planeta, 97% são águas subterrâneas e somente 3% correspondem à água superficial (SOUSA e LEITE, 2003).

A distribuição e a qualidade de água no mundo dependem das condições climáticas, da geologia, orografia, tipo do solo e da cobertura vegetal, fatores que, em conjunto impõem variações temporais e espaciais na abundância do recurso, resultando numa distribuição desigual, a tal ponto que apenas oito países dentre eles o Brasil, detêm 90% da água do planeta (JIMÉNEZ, 2001, citado por AZEVEDO, 2005). Exemplo dessa distribuição irregular está no Japão, cuja população é de 126 milhões de pessoas, 2,5% da população mundial, apresenta 1% da disponibilidade hídrica do planeta (SENRA, 2001, citado por AZEVEDO, 2005).

Segundo Von Sperling (1996), a qualidade de água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem, de maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Tal se deve aos seguintes fatores: condições naturais e interferência do homem.

Condições naturais: mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto nas mesmas é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo.

Interferência do homem: a interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade.

Afirmam Coelho e Soncin (1982), que quando comparados os usos e a quantidade de água com a necessidade humana pode-se, erroneamente, concluir que existe água suficiente, mas a variação temporal e espacial é muito grande e existem várias regiões

vulneráveis, onde cerca de 460 milhões de pessoas (8% da população mundial) estão vulneráveis à falta freqüente de água e cerca de 25% estão indo para o mesmo caminho. Caso nada seja realizado em termos de conservação e uso racional da água, é possível que 2/3 da população mundial sofram desde moderada à severa falta de água. Tanto em nível mundial como no Brasil, o grande consumidor é a agricultura.

De acordo com o CGEE (2001), nos últimos anos tem-se passado por um cenário em que recursos naturais essenciais à vida de um modo geral, aos quais normalmente é dada a devida importância apenas quando chega a se esgotarem, como a água, em que esse recurso pode estar em risco de suprimento adequado por um tempo maior do que se estar acostumado a suportar. No planeta terra, o total de água globalmente retirado de rios, aquíferos e outras fontes aumentou nove vezes, enquanto que o uso por pessoa dobrou e a população cresceu três vezes. Em 1950, as reservas mundiais representavam 16,8 mil m³ por pessoa, atualmente esta reserva reduziu-se para 7,3 mil m³ por pessoa e espera-se que venha a se reduzir para 4,8 mil m³ por pessoa nos próximos 25 anos, como resultado do aumento da população, industrialização e da exploração agrícola.

O Brasil, com população de 182 milhões de habitantes, 2,8% da população mundial, ocupando o primeiro lugar em reserva de água do planeta (12%), o que indica uma média anual de 36.000 m³ de água por habitante, a água não se encontra equitativamente distribuída entre a população, pois a região amazônica, com 5% da população do País, possui 40% do total da reserva, enquanto o nordeste tem apenas 3% da reserva e é a segunda região mais populosa (IBGE, 2004).

A região Nordeste do Brasil, com uma área de 1.561.177,8 km², participa de 18,26% da área do território nacional, e se caracteriza pelos seus escassos recursos hídricos. Nesta região predomina o clima do semi-árido, com médias térmicas elevadas, em torno de 25 °C, e com chuvas irregulares e concentradas em poucos meses do ano (IBGE, 2000).

O estado da Paraíba possui uma extensão de 51.958,2 km² (0,63% do território nacional) e uma população de 3.443.825 habitantes segundo o censo 2000. Aproximadamente 99% do seu território são atingidos pela seca periódica. A hidrografia da Paraíba se caracteriza pela predominância de rios temporários, que secam no período de estiagem e em segundo lugar, pelos rios com regime pluvial onde o volume de água depende de precipitação pluvial e da intensidade da estiagem (IBGE, 2000).

2.2. Problemática Ambiental

Durante séculos, a humanidade considerou a água como um recurso inesgotável, e a utilizou de forma predatória e insustentável. No século XX, o uso inadequado foi agravado com a aceleração do crescimento da população, os intensos usos pelos diversos ramos de atividades, dentre eles domésticos, agrícolas e industriais. Estes fatores levaram à constatação de que a água torna-se cada vez um bem mais escasso necessitando de um uso racional e equilibrado, de modo a garantir a sua conservação e sustentabilidade. De fato, a escassez de água tem sido uma preocupação em escala global, pois o crescimento explosivo da população humana demanda um crescimento por água duas vezes mais rápido. Entretanto, a crise, de alguma forma, é um problema de gerenciamento, um caso de alocação e de distribuição, e não simples problema de suprimento (VILLIERS, 2002).

2.2.1. Fontes de Poluição da Água

De um modo geral, a poluição das águas pode ocorrer principalmente por esgotos sanitários, águas residuárias industriais, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas, precipitação de efluentes atmosféricos e inadequada disposição dos resíduos sólidos (STUDART e CAMPOS, 2001).

A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, causada pelo homem ou por outras atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso (BRANCO, 1991).

De acordo com Braga et al. (2002), os principais grupos de compostos causadores da poluição são: Poluentes Orgânicos Biodegradáveis; Poluentes Orgânicos Recalcitrantes; Metais Pesados; Nutrientes; Organismos Patogênicos; Calor e Radioatividade.

2.2.2. Composição e Características da Qualidade dos Esgotos

Os esgotos sanitários possuem mais de 99% de sua composição constituída por água, portanto, e devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos. Os esgotos domésticos provêm, principalmente, de residências e de edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de variarem em função das condições socioeconômicas das populações, do clima e dos hábitos, os esgotos domésticos têm características bem definidas e compõem-se, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (VON SPERLING, 1996 e BRAGA et al., 2002).

Segundo Von Sperling (1996), os esgotos industriais variam essencialmente com o tipo da indústria e com o processo industrial utilizado. Portanto, apresenta uma ampla variabilidade das suas características qualitativas, o que dificulta uma generalização dos valores mais comuns. Em termos do tratamento biológico dos esgotos industriais, assumem importância os seguintes aspectos: biodegradabilidade, tratabilidade, concentração de matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes e toxidez.

As águas residuárias podem ser classificadas como doméstica industrial e agrícola, em função da sua origem. A quantidade de efluente doméstico produzido é dependente do padrão de vida das pessoas, das condições climáticas e da estação do ano e suas características químicas são influenciados pela fonte de água, sistemas de esgoto, tipo de estação de tratamento (concepção do tratamento) e natureza de descarga industrial dentro do sistema municipal de esgoto (FEIGIN et al., 1991).

Embora o conteúdo de nutrientes presentes nos resíduos (inclusive águas residuárias) os deixe atrativos para serem utilizados como fertilizantes aplicações ao solo de certos resíduos industriais e de esgoto têm sido constringidas pela presença de metais pesados, certos compostos químicos orgânicos de alto risco, sais e valores extremos de pH (CAMERON et al., 1997). Assim é de fundamental importância separar esgoto doméstico de esgoto industrial, uma vez que os metais pesados e orgânicos não são, em geral, problemas nos efluentes domésticos (FEIGIN et al., 1991).

O uso do efluente de esgoto tratado como fonte de água para irrigação pode, resumidamente, diferir da água convencional, segundo Bouwer e Chaney (1974) e Feigin et al. (1991), em cinco aspectos básicos: apresentam uma variedade de compostos

orgânicos naturais e sintéticos, geralmente não identificados individualmente. Normalmente são materiais orgânicos biodegradáveis, expressos em índices DBO e DQO. Os compostos orgânicos mais comuns existentes nos efluentes são: éter extraível, proteínas, carboidratos, taninos, ligninas, diferentes ácidos orgânicos (fúlvicos, húmicos e nematomeiânicos), aminoácidos e surfactantes. O efluente também pode conter traços de substâncias tóxicas como pesticidas. No entanto, as informações disponíveis não indicam ocorrência de problemas de saúde, relatadas pela presença de certos compostos orgânicos na água municipal reciclada.

2.2.3. Características dos Despejos Industriais

As características dos despejos industriais variam essencialmente com o tipo da indústria e com o processo industrial utilizado. As principais características de águas residuárias de algumas indústrias na Tabela A1 em ANEXO.

As principais variáveis que devem ser investigadas para a caracterização dos despejos, em função do ramo de atividade da indústria encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Principais parâmetros de importância nos efluentes industriais, em função do ramo de atividade da indústria

Ramo	Atividade	DBO ¹ ou DQO ²	SS ³	Óleos graxos	Fenóis	pH ⁴	CN ⁵	Metais
Produtos alimentares	Usinas de açúcar e álcool	x	x		x	x		
	Conservas/peixe	x	x	x		x		
	Laticínios	x	x	x				
	Matadouros e frigoríficos	x	x			x		
	Conserva de frutas e vegetais	x	x					
	Moagem e grãos							
Têxtil	Algodão	x				x		
	Lã	x		x		x		
	Sintéticos	x				x		
	Tingimento			x	x	x	x	
Papel	Processo da poupa celulose	x	x			x		x
	Fabrica de papel e papelão	x	x			x		x

Fonte: Von Sperling (1996) modificada pela autora desta pesquisa (2007); DBO¹ - Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO² - Demanda Química de Oxigênio; SS³ - sólidos em suspensão; pH⁴ - Potencial Hidrognônico e CN⁵ - Relação carbono/Nitrogênio

2.2.4. Tratamento dos Esgotos

De acordo com Sousa e Leite (2003) os processos de tratamento de águas residuárias podem ser classificados em: físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos caracterizam-se pela remoção dos constituintes fisicamente possíveis de separação, tais como sólidos grosseiros, flutuantes e decantáveis. Já os processos químicos caracterizam-se, geralmente, pela adição de produtos químicos à água a ser tratada. Os processos químicos mais utilizados são: floculação, precipitação e oxidação. O processo biológico de tratamento é o mais utilizado no mundo inteiro e resulta na transformação dos constituintes da água em moléculas mais simples e estáveis. Trata-se da oxidação do material orgânico presente, de modo que ocorre a transformação deste em substância de estrutura molecular simples e de baixo conteúdo energético.

2.2.5. Lagoas de Estabilização

Segundo Araújo (2000) o tratamento de água residuárias através de lagoas de estabilização começou a ser utilizado na América latina e Caribe no final da década de 50, quando foi constatada maior eficiência em relação às plantas de tratamento convencionais.

Uehara e Vidal (1989) definiram lagoas de estabilização como corpos de água lânticos, construídos pelo o homem e destinados a armazenar resíduos líquidos de natureza orgânica, esgoto sanitário bruto e sedimento, despejos industriais orgânicos e oxidáveis ou águas residuárias oxidadas. O tratamento é feito através de processos naturais: físicos, biológicos e bioquímicos, denominados autodepuração ou estabilização. Esses processos naturais, sob condições parcialmente controladas, são os responsáveis pela transformação de compostos orgânicos putrescíveis em compostos minerais ou orgânicos mais estáveis.

As principais vantagens do emprego de lagoas de estabilização são: simplicidade, baixo custo de operação e manutenção, capacidade para suportar grandes variações de cargas orgânicas e hidráulicas e grande eficiência na remoção da matéria orgânica e patógenos. (VON SPERLING, 1996).

Como desvantagens, são citadas: necessidade de grande área para sua implantação e remoção apenas razoável de sólidos suspensos (na forma de biomassa de algas) e nutrientes (ARAÚJO, 2000). Sob o enfoque do reuso, este conteúdo (biomassa de algas, fósforo e nitrogênio) é um valioso recurso quando se pretende o aproveitamento de

efluentes para a irrigação e piscicultura. As lagoas de estabilização têm hoje um campo muito importante de aplicação: preparar o efluente para o uso em agricultura ou aquicultura (JORDAO e PESSOA, 1995).

2.3. Reuso

2.3.1. Reuso de Águas Residuárias

A utilização de águas residuárias na agricultura remonta há 5.000 anos atrás, estando associada aos sistemas de esgotos dos velhos palácios e cidades da Civilização Minoana, na Grécia. Na Europa e Estados Unidos, no período entre os séculos XVI ao XVIII, eram bastante conhecidas as “fazendas de esgotos”. Concebidas inicialmente para dispor os esgotos no solo, as águas dessas fazendas eram circunstanciadamente aproveitadas para a produção de culturas (ARAÚJO, 2000).

De acordo com Mancuso e Santos (2003), o conceito de reuso de água se constitui num conjunto de processos e operações, caracterizados como sedimentação, desinfecção e filtração, passíveis de serem realizados isoladamente ou por meios de várias combinações, obtendo-se maior ou menor grau de tratamento, tornando, então, possível a reutilização da água. É clássico o caso da cidade de Londres, que capta água dos rios Tamisa e Lea, este último usado pela cidade de Stevenage para afastamento de seus esgotos, onde são lançados após tratamento. No Brasil, é bastante conhecido o caso das cidades situadas no vale do rio Paraíba, onde existe uma sucessão de cidades que coletam seus esgotos e os despejam neste rio.

Reuso indireto não planejado da água, ocorre quando ela, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. A reutilização ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo desde há muitos anos. Porém o que influenciou de forma tecnicamente correta a utilização controlada de esgotos para fins agrícolas foram as iniciativas inglesas, quando se buscou a despoluição do rio Tamisa (PAGANINI, 2003).

Quando se reutiliza as águas residuárias, se faz necessário ter total conhecimento de suas características físicas, químicas e microbiológicas. Para facilitar na escolha de atividades em que estas águas poderão ser empregadas, evitando malefícios aos que dela

usufruem (DUARTE, 2002). Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

De acordo com Araújo (2000) o reuso pode ser: reuso indireto planejado da água e Reuso direto planejado das águas.

Reuso indireto planejado da água: se dá quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. Esse tipo de reuso pressupõe que exista também um controle sobre as novas eventuais descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado esteja sujeito apenas às misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reuso objetivado.

Reuso direto planejado das águas: acontece quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até ao local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se ao uso da indústria ou da irrigação. Reciclagem de água corresponde ao seu reuso interno, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Dessa forma, a água reciclada se constitui em fonte suplementar de abastecimento de seu uso original. Este é um caso particular do reuso direto planejado.

2.3.2. Potencial de Reuso de Água no Brasil

Atualmente a agricultura depende do suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implantados em curto prazo.

No Brasil, a prática da irrigação ganhou um impulso muito grande nas últimas décadas, constituindo um aumento na produtividade, mas a irrigação em parques e jardins das cidades brasileiras ainda representa um consumo insatisfatório. O uso de água para a agricultura no Brasil em grandes números, é de 70% do total consumido atualmente. Os 30% remanescentes destinam-se a usos domésticos e industriais. Além da necessidade de se estabelecer uma cultura da prática de conservação de água em todos os setores da sociedade brasileira, o reuso consciente e planejado de águas de baixa qualidade – águas de drenagem agrícola, salobras, de chuva e, principalmente, esgotos domésticos e industriais –

constitui o mais moderno e eficaz instrumento de gestão para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos nacionais (MANCUSO e SANTOS, 2003).

2.3.3. Importância do Reuso

Conforme Léon e Cavallini (1999), o reúso de águas tratadas tem sido praticado mundialmente, principalmente em regiões áridas ou semi-áridas, como se pode confirmar em países como o México (Vale de Mezquital), Tunísia (Tunis), Arábia Saudita (Kiyau e Dirab), Estados Unidos (Califórnia), Chile (Santiago) e em Israel. Os principais cultivos irrigados com águas residuárias nestes países são milho, alfafa, aveia, cevada, feijão, trigo, cabaceira, pimenta, tomate, cítricos, algodão, eucalipto, árvores e sementes de vegetais, grama, árvores natalinas e forrageiras.

Segundo Hespanhol (2003), no polígono do Nordeste brasileiro, a dimensão do problema é ressaltada por um anseio, que já existe há 75 anos, pela transposição do rio São Francisco, visando ao atendimento da demanda dos estados não riparianos da região semi-árida, situados ao norte e a leste de sua bacia de drenagem. Entretanto, o fenômeno da escassez não é atributo exclusivo das regiões áridas de uma grande parte de países e das regiões semi-árida brasileiras. Muitas áreas com taxas de precipitações anuais significativas, mas insuficientes para gerar vazões capazes de atender a demanda excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afeta o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Conforme Hespanhol (2003), as formas de reúso estão, geralmente, associadas à agricultura, aquícultura e indústria. No entanto, deveriam ser abordadas normalmente sob a ótica dos usos múltiplos, uma vez que o esgoto tratado é aplicável a outras situações. Face aos riscos potenciais à saúde pública, aos elevados custos envolvidos e aos problemas de segurança operacional do reúso indireto, tem sido recomendada a reutilização para fins urbanos não potáveis. Dentre esses, os com maior potencial de viabilização são os seguintes:

- irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campo de futebol, quadra de golfe, jardins de escola e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- irrigação de áreas ajardinadas ao redor e de edifícios públicos, residências;

- reserva de proteção contra incêndios;
- sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes e chafarizes, espelhos e queda de água;
- descarga sanitária em banheiros públicos e edifícios comerciais e de industriais,
- lavagem de trens e ônibus;
- controle de poeira em obras de execução de aterros, terraplenagem etc.;
- construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para estabelecer umidade ótima em compactação de solos.

De acordo com Hespanhol (2003), durante as duas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente, em razão dos seguintes fatores:

- dificuldade crescente de identificação de fontes alternativas de água para irrigação;
- custo elevado de fertilizantes;
- a segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
- os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- a aceitação sociocultural da prática de reuso agrícola;
- o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

2.3.4. Benefícios Ambientais e de Saúde Pública do Reuso de Água para Fins Agrícola

Sistemas de reuso de água para fins agrícolas adequadamente planejados e administrados, proporcionam melhorias ambientais e melhorias de condições de saúde, entre as quais (HESPANHOL, 2003) tem-se:

- minimização das descargas de esgotos em corpos de água;
- preservação dos recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;

- permite a conservação do solo, pela acumulação de húmus, e aumenta a resistência à erosão;
- aumenta a concentração de matéria orgânica do solo, possibilitando maior retenção de água;
- contribui, principalmente em áreas carentes, para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais da população associadas aos esquemas de reuso.

2.4. Impactos da Disposição de Efluentes no Sistema Solo-Planta-Ambiente

2.4.1. Efeitos sobre as Características Físicas-Químicas da Água Residuária Tratada

Os efluentes e seus constituintes exercem influência sobre algumas características do solo e da água ao ponto de modificá-las; por este motivo, a disposição no meio ambiente deve ser controlada de forma a que situações indesejáveis não surjam ou, se assim ocorrer, que elas possam ser controladas.

pH (Potencial hidrogeniônico):

O termo pH é usado para expressar a intensidade da condição ácida, básica e neutra de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio. As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da água (SAWYER et al., 1994, citado por Farias, 2006). O aumento de pH do solo pelo uso da água residuária tratada tem sido atribuído a diversos fatores: alto pH do efluente (STEWART et al., 1990); aumento da reserva alcalina, a adição de cátions trocáveis e de ânions oriundos do esgoto tratado (FALKINER, SMITH, 1997); ao aumento do processo de desnitrificação do NO_3^- em solos irrigados com efluentes (FRIEDEL et al., 2000).

Apesar do esgoto tratado poder contribuir para a elevação do pH do solo, tanto na camada superficial como no subsolo (SMITH et al., 1996 e AL-NAKSHABANDI et al., 1997), particularmente em solos que receberam aplicação de efluentes por vários anos, este aumento do pH tem sido muito pequeno, da ordem de 0,1 a 0,8 unidades; deste modo, os efeitos do aumento do pH do solo mediante adição de efluentes de esgotos em solos ácidos,

de baixa fertilidade natural, tem sido desprezíveis e de pouca importância prática com relação à disponibilidade de nutrientes (SPEIR et al., 1999).

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. Para águas de irrigação, o pH normal é entre 6,5 e 8,4. As mudanças no pH do solo, ocasionadas pela água, são bastante lentas. Um pH de solo não recomendado para a cultura pode ser corrigido mediante corretivos na água, o que não é prático, para correção de baixo pH do solo utiliza-se o calcário e para um pH alto, usa-se o enxofre ou outras substâncias ácidas (AYERS e WESTCOT, 1999).

Condutividade Elétrica

O aumento da condutividade elétrica do solo pela irrigação com águas residuárias, tem sido comum em sistemas agrícolas, especialmente na camada superficial do solo. Os aumentos, nessa camada, podem estar associados a dois fatores: a evaporação da água intersticial da superfície do solo, favorecendo o acúmulo de sais e a exposição do subsolo a contínua lixiviação e substituição dos sais na periferia da zona úmida, a qual normalmente tem apresentado aumento na concentração de sais (AL-NAKSHABANDI et al., 1997, SPEIR et al., 1999).

Nitrogênio e carbono

Segundo Friedel et al. (2000) tem sido comum na literatura citar referências sobre o aumento de nitrogênio e carbono orgânico, devido a adição de matéria orgânica e de nutrientes, mediante longo período de disposição de água residuária tratada no solo.

A mineralização do nitrogênio depende da qualidade (relação C/N) do material orgânico e da concentração de nitrogênio no substrato (JANSSEN, 1996). A quantidade de nitrogênio no solo em dado período, é dependente da temperatura, da disponibilidade de água, da taxa de reabastecimento de oxigênio, do pH, da quantidade e da natureza dos resíduos vegetais (MENGEL, 1996).

Segundo Feigin et al. (1991), nas águas residuárias, a razão C/N é normalmente muito baixa, da ordem de 5/1, ou até menor que 1/1; assim, espera-se que haja uma rápida mineralização no solo do N-orgânico do efluente e que o N-efluente faça parte do ciclo do nitrogênio tão logo atinja o solo. Desta forma, através da nitrificação, o amônio (NH_4^+) do

efluente, bem como o que derivou do N-orgânico, é normalmente oxidado a nitrito (NO_2^-) e rapidamente a nitrato (NO_3^-). A amônia (NH_3), derivada do amônio, torna-se susceptível a volatilização em condições básicas e o nitrato (NO_3^-) no solo, pode ser lixiviado da zona radicular (eventualmente para as águas subterrâneas) ou pode ser desnitrificado ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}$).

Fósforo

De acordo com Johnse e Mcconchie (1994) a quantidade de fósforo adicionado ao solo pela irrigação com efluente de sistema de tratamento de esgotos domésticos, normalmente não tem sido excessiva; na literatura tem sido observado o aumento nos teores de fósforo em solos irrigados com efluentes de esgotos em sistemas agrícolas.

A capacidade do solo em reter o fósforo tem contribuído para prevenir que este nutriente não seja lixiviado da zona radicular, podendo determinar a sustentabilidade dos vários cultivos em que seja utilizada irrigação com efluente (FALKINER e POLGLASE, 1997). A capacidade do solo em reter e lixiviar o fósforo e a capacidade de remoção deste nutriente pela vegetação foram confirmadas por (KARDOS e HOOK 1976).

Cálcio, magnésio e potássio.

Resultados de vários autores têm mostrado a ocorrência de aumento nos teores de cálcio, em solos que receberam águas residuárias após longos períodos de irrigação SPEIR et al. (1999). De acordo com Falkiner e Polglase (1997), também verificaram aumento nos teores de cálcio e magnésio em solos irrigados com água residuária tratada. Johns e Mcconchie (1994) observaram que a irrigação com efluente ocasionou aumento nos teores de cálcio até 50 cm de profundidade, não alterando o teor Mg trocável, mas aumentando sua concentração lixiviada na solução do solo.

Stewart et al. (1990) notaram redução no teor de potássio na profundidade do solo de 100 cm, quando irrigado com água residuária tratada, concluindo que a lixiviação do potássio esta diretamente relacionada à CTC do solo, enquanto Johns e Mcconchie (1994) observaram que, apesar dos teores de cálcio e sódio trocáveis terem sido alterados pela irrigação com esgotos domésticos tratados, os teores de magnésio e potássio trocáveis não foram influenciados.

Micronutrientes e elementos tóxicos

Os metais pesados encontram-se no efluente de esgoto, seja industriais ou domésticos e nos sólidos suspensos e dissolvidos. Os que se associam aos sólidos suspensos acumulam-se na superfície do solo, ao passo que os metais pesados associados a fração líquida penetram no solo. A maioria das literaturas evidencia o aumento nos teores de metais pesados no solo mediante irrigação com efluentes de esgotos domésticos. Estas observações se referem aos experimentos de longos períodos de aplicação de água residuária. A presença da matéria orgânica do solo tem afetado a solubilidade dos metais pesados. Os ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos fúlvicos, influenciam a solubilidade dos metais no solo (FEIGIN et al., 1991). Smith et al. (1996), verificaram que a irrigação com água residuária não afetou as concentrações de cádmio, níquel e chumbo no solo.

Apesar dos benefícios concretos com o aproveitamento de efluente na agricultura, a presença de alguns constituintes, como sódio (Na) e metais pesados, é indesejável. Entretanto, os metais pesados são motivos de preocupação principalmente quando da utilização de efluentes industriais. Nos solos, os metais são originados da rocha de origem e de outras fontes adicionadas ao solo, como precipitação atmosférica, cinza, calcário, fertilizantes químicos e adubos orgânicos (TSUTIYA, 2001).

Do ponto de vista ambiental, o termo metal pesado pode ser entendido como aquele elemento que, em determinadas concentrações e tempo de exposição, oferece risco à saúde humana e ao ambiente, prejudicando a atividade dos organismos vivos, sendo os principais: alumínio (Al), antimônio (Sb), arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cobalto (Co), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn). Desses, são essenciais aos organismos vivos: As, Co, Cr, Cu, Se e Zn (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ, 1999; TSUTIYA, 2001).

Dependendo da fonte do efluente, contaminantes como os metais pesados e outros componentes tóxicos podem também se acumular no solo ou serem lixiviados para águas subterrâneas (BOND, 1998). O acúmulo de sódio, cloro ou boro em cultivos sensíveis a altas concentrações desses elementos causa danos às plantas e redução da produtividade (AYERS e WESTCOT, 1999).

O nível de cloretos no efluente secundário é normalmente maior do que o encontrado na água para abastecimento. O tratamento padrão de esgotos não remove o

cloro do efluente devido à elevada solubilidade dos compostos de cloro. As tecnologias de dessalinização para remover cloro são muito caras. Em geral, os níveis de cloro nos efluentes municipais secundários permanecem abaixo daqueles considerados prejudiciais para a maioria das culturas agrícolas, no entanto, altas concentrações desse elemento no efluente de esgoto, como em outras fontes de água, podem atingir águas subterrâneas (FEIGIN et al., 1991).

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 1993) elaborou documento preliminar como guia para o estabelecimento dos limites máximos de substâncias químicas presentes nas águas residuárias a serem utilizadas na irrigação.

Os metais pesados podem bioacumular-se na cadeia alimentar e, além de novos produtos gerados com o uso de águas residuárias, podem constituir risco para a saúde dos consumidores, se nos efluentes existe uma concentração elevada dos compostos de metais pesados (LEÓN e CAVALLINI, 1999). Na Tabela A2 em ANEXO são mostrados valores-limite encontrados na literatura.

2.5. Uso de Águas Residuárias e suas Restrições

O uso irrestrito de águas residuárias na agricultura deve cumprir as exigências de qualidade da água adotadas em cada país. Como referência, pode-se utilizar os padrões sanitários da OMS, entretanto, é preciso se tomar algumas medidas adicionais para resguardar os trabalhadores do campo, bem como os outros que manipulam os produtos colhidos.

2.5.1. Água para Agricultura

Tendo em vista a escassez dos recursos hídricos em todo o mundo onde as áreas mais afetadas são as regiões áridas e semi-áridas inclusive no Nordeste brasileiro, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. As entidades gestoras estão buscando cada vez mais fontes novas para ampliar a disponibilidade hídrica nestas regiões, levando em consideração o reuso de águas residuárias para o cultivo de alimentação de animais como também de humanos e jardins etc.

As águas de irrigação de modo geral, devem ser analisadas em relação à concentração total de sais (salinidade), à proporção de sódio em relação a outros cátions (permeabilidade do solo), à concentração de elementos tóxicos, à concentração de íons, e ao aspecto sanitário (contaminação por bactérias patogênicas), (PHILIPPI JUNIOR, 2005). Agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, porém o aspecto da quantidade tem sido desprezado devido à abundância de fontes de água que no passado eram de boa qualidade e de fácil utilização, todavia em muitos lugares esta situação está mudando, em decorrência do uso intenso, tendo-se que recorrer ao uso de águas de qualidade inferior, tornando-se necessário um planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade (AYERS e WESTCOT, 1999).

Ponderando os impactos de uma irrigação de longo prazo, sobre o rendimento e a qualidade dos produtos agrícolas e do ambiente, especialmente o solo, Ayers e Westcot (1999) classificam a água em sem restrição ao uso, com restrição leve a moderada e restrição severa (Tabela 2).

Tabela 2 Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação

Problema Potencial	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Severo
Salinidade	dS m ⁻¹	<0,7	0,7-3,0	>3,0
CEa ¹	mg L ⁻¹	<450	450-2000	>2000
SDT ²				
Infiltração (avaliada usando CEa e RAS conjuntamente)				
RAS ³ = 0-3 e CEa		>0,7	0,7-0,2	<0,2
= 3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
= 6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
= 12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
= 20-40		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidade de íons específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na)				
Irrigação por superfície	RAS	<3,0	3,0-9,0	>9,0
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Cloretos (Cl)				
Irrigação por superfície	meq L ⁻¹	<4,0	4,0-10,0	>10,0
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Boro (B)	mg L ⁻¹	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Outros (afeta culturas sensíveis)				
Nitrogênio (NO ₃ -N) ⁴	mg L ⁻¹	<5,0	5,0-30	>30
Bicarbonatos (HCO ₃)	meq L ⁻¹	<2,0	2,0-8,5	>8,5
Ph			Faixa normal: 6,50-8,40	

Fonte: Ayers e Westcot, (1999); ¹ CEa – condutividade elétrica da água; medida da salinidade, expressa em decisiemens por metro (dS m⁻¹) a 25 °C ou milimhos/cm (mmho/cm⁻¹). Ambas as medidas são equivalentes; ² SDT – total de sais em solução, expresso em miligramas por litro (mg L⁻¹); ³ RAS - Relação de Adsorção de Sódio; ⁴ Nitrogênio na forma de nitrato expresso em termos de nitrogênio elementar

2.5.2. Problemas Relacionados à Qualidade da Água

A qualidade da água de irrigação é definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica (RICHARDS, 1954). De acordo com Gheyi et al. (1999), qualquer que seja a fonte, superficial ou subterrânea, água usada na irrigação sempre contém sais, embora a qualidade e o tipo de sais presentes nela possam variar bastante. Os principais íons encontrados na composição da maioria das águas são: sódio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato e bicarbonato, além de potássio e carbonato (LEPRUM, 1983). Embora estejam presentes na água em quantidades relativamente

pequenas, podem exercer efeitos significativos à medida que a água é evaporada ou consumida pelas plantas (AYERS e WESTCOT, 1999).

2.5.3. Toxicidade de íons específicos

Os problemas de toxicidade surgem quando certos constituintes (íons) do solo e da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar transtorno no metabolismo que, dependendo da sensibilidade da cultura e das quantidades absorvidas, podem provocar desde simples queimaduras ou cloroses até diminuição da superfície fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, redução dos rendimentos (AYERS e WESTCOT, 1999).

Segundo Lima (1998) além dos riscos à toxicidade, existe determinados íons presentes na solução do solo que, quando absorvidos pelas plantas, podem ser tóxicos e provocar danos. O grau de toxicidade depende da quantidade de íons absorvidos, da sensibilidade da cultura e do uso de água pela cultura. Em culturas sensíveis, concentrações pequenas de íons podem ser suficientes para que ocorram queimaduras nas bordas das folhas, clorose na área internarval e, se a dose for alta, poderá causar a morte das plantas. Dentre esses íons destacam-se os cloretos, o sódio e o boro.

Cloreto: o conteúdo desse elemento na água de irrigação é uma das causas de toxicidade mais freqüente em virtude de não ser adsorvido pelas partículas do solo; é facilmente absorvido pelas raízes das plantas e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração; quando sua concentração excede o limite, ocorrem danos como necrose e queimaduras no ápice das folhas. Concentrações pequenas no solo podem estimar a produtividade de certas culturas, acima, porém, 10 mg L^{-1} , representam riscos severos de toxicidade (DAKER, 1988, AYERS e WESTCOT, 1999).

Sódio: A toxicidade do sódio é afetada pela disponibilidade do cálcio no solo e é medida pela RAS; valores de RAS superiores a 9 representam sérios riscos de toxicidade. As concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos de vários dias ou semanas. Os sintomas aparecem primeiro nas bordas das folhas mais velhas (AYERS e WESTCOT, 1999).

Boro: os problemas de toxicidade desse elemento se devem principalmente à presença do boro contido na água do que no solo. Concentrações acima de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ na água apresentam riscos severos de toxicidade. Os sintomas são manchas amarelas, ou pontos secos nas bordas e ápices das folhas mais velhas (AYERS e WESTCOT, 1999).

Outros problemas: Águas ricas em nitrogênio podem causar crescimento vegetativo excessivo, maturação tardia e má qualidade dos frutos ou provocar colheita de baixa qualidade (AYERS e WESTCOT, 1999). A forma mais assimilável do nitrogênio pelas plantas é o nitrato ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) e o amônio ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$), sendo o nitrato preferível para as plantas por ser pouco tóxico e por circular em maiores concentrações na seiva; é a forma de nitrogênio mais lixiviada (PRIMAVESI, 1987).

O problema sanitário deverá ser levado em consideração quando forem aplicadas águas residuárias, ou quando houver problemas de infiltração ou drenagem insuficiente, também quando a presença de sedimentos minerais e substâncias orgânicas em suspensão podem causar sérios problemas nos sistemas de irrigação, tais como entupimento dos equipamentos ou obstrução dos poros do solo, reduzindo a infiltração dos solos pouco permeáveis (AYERS e WESTCOT, 1999).

2.6. A Cultura da Mamona

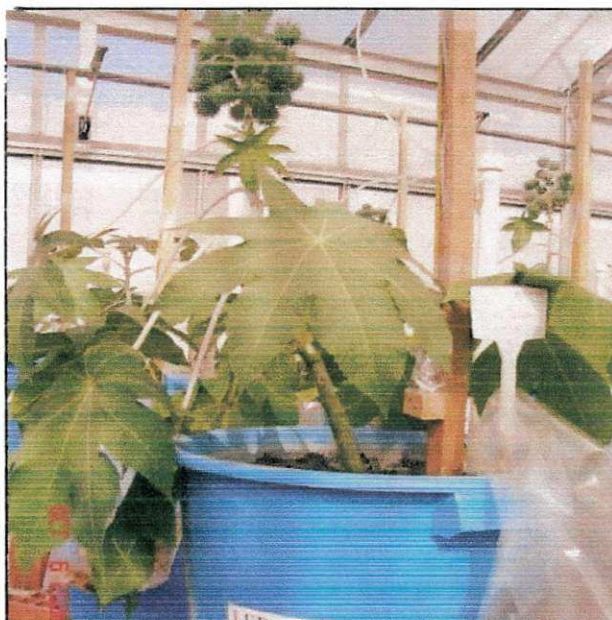


Figura 1. Mamona (*Ricinus communis L.*) 2006

A origem da mamoneira (*Ricinus communis L.*) não é bem definida e uma das razões para isto é a facilidade e rapidez com que se torna estabelecida como planta asseivajada (WEISS, 1983; FORNAZIERI JUNIOR, 1986), no entanto, tudo leva a crer que ela seja do oeste da África e que, provavelmente, originou-se na antiga Abissínia, hoje Etiópia. No Brasil sua introdução se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos, associada às condições favoráveis ao seu crescimento, que possibilitou tornar-se uma planta de grande dispersão no território nacional. Aqui no país, conhece-se a espécie sob denominações de mamoneira, carrapateira, palma-de-cristo, enxerida; em inglês, “castor bean” e “castor seed”, em alemão, “wunder-baun” (FORNAZIERI JUNIOR, 1986). Inicialmente a mamoneira desenvolveu-se de forma comercial nas regiões sudeste, sul e nordeste do Brasil. Nas regiões sudeste e sul para garantir a competitividade com outros produtos concorrentes, foi necessário o emprego de técnicas que facilitassem a mecanização e o desenvolvimento de variedades mais rentáveis (Figura 1).

A mamoneira é uma das 7.000 espécies da família das Euforbiáceas. O óleo é o seu principal produto em importação econômica, único na natureza solúvel em álcool, com inúmeras aplicações industriais, como plásticos, fibras sintéticas, tintas e esmaltes, lubrificantes, entre outros (BELTRÃO et al., 2001).

A mamoneira necessita de pluviosidade entre 500 a 800 mm para produzir rendimentos superiores a 1.500 kg ha⁻¹. A maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa, produzindo, com viabilidade econômica, em áreas onde a precipitação mínima, até o início da floração, esteja entre 400 e 500 mm (BELTRÃO et al., 2001).

A faixa de temperatura ideal para a mamoneira é de 20 a 30 °C, para que haja produção em nível econômico (SILVA, 1981 e CANECCHIO FILHO, 1969, citados por BELTRÃO et al., 2002), estando à temperatura ótima para a planta em torno de 23 °C. Temperaturas muito elevadas, superiores a 40 °C provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução substancial do teor de óleo nas sementes (BELTRÃO e SILVA, 1999). As baixas temperaturas retardam a germinação, prolongando a permanência das sementes no solo, o que favorece o ataque de microorganismos e de insetos (TÁVORA, 1982).

Existem centenas de cultivares de mamona, porém, as mais estudadas na atualidade são BRS Nordestina, BRS Paraguaçu, Guarani IAC 226, IAC 80 e o híbrido

Lyra. Por ser uma espécie polimórfica, a mamoneira apresenta grande variação no hábito de crescimento, cor da folhagem e caule, tamanho das sementes, conteúdo de óleo e coloração, e porte (altura das plantas) sendo uma planta perene quando as condições ambientais, sobretudo, temperatura e umidade, o permitem (WEISS, 1983). Com relação ao porte das plantas, GONÇALVES et al., (1981) classificaram a mamoneira em anã (altura da planta inferior a 1,80 m), média, altura de 1,80 a 2,50 e alta, de 2,5 a 5 m, ocorrendo variedades que chegam a mais de sete metros de altura em condições de campo.

A mamoneira possui sistema radicular pivotante e raízes fistulosas, bastantes ramificadas (WEISS, 1983). Nos tipos gigantes apresentam raízes semelhantes às das árvores e podem atingir alguns metros de profundidade; nos tipos comerciais, a raiz principal penetra no solo até 3 m, podendo atingir até 6 m. Anatomicamente, a raiz consiste da periderme, do córtex e do cilindro central; apresenta lenticelas na parte exterior e há o floema no limite do cilindro central e o xilema no interior.

O caule apresenta variação de cor, presença de cera, rugosidade e nós bem definidos, com cicatrizes foliares proeminentes. O caule é brilhante, tenro e suculento quando a planta é nova e à medida que envelhece torna-se lenhoso. A coloração pode ser verde, arroxeadada e vermelha; a haste principal cresce de forma vertical, sem ramificação. Os ramos laterais se desenvolvem da axila da última folha.

As folhas laminares do caule são simples, grandes, com largura do limbo variando de 10 a 40 cm, podendo chegar a 60 cm de comprimento. Do tipo digitolobadas, denticuladas e pecíolos com 20 a 50 cm de comprimento, apresentam filotaxia alterada do tipo 2/5 (duas folhas em cada cinco voltas de 360° no eixo do caule). Em geral, tem sete lóbulos em cada folha, que podem apresentar a cor verde ou avermelhada (BELTRÃO et al., 2001).

A mamoneira é uma planta monóica, que apresenta inflorescência do tipo panícula, denominada de racemo, com flores femininas acima e masculinas na parte inferior; a biologia floral da mamoneira é bastante complexa, apresentando diversas expressões da sexualidade. O fruto da mamona que é o ovário fecundado desenvolvido é uma cápsula que pode ser lisa ou com estruturas semelhantes a espinhos, podendo ser deiscentes ou indeiscentes. Os frutos podem ser pouco papilados, muito papilados, inermes lisos e rugosos, podendo apresentar cor verde ou vermelha, com colorações intermediárias. No amadurecimento, ele se abre ou não, e pode liberar as sementes, dependendo do nível de deiscência.

A semente é o óvulo da flor, após a fertilização, sendo muito variável envolvendo cor, forma, peso, proporção do tegumento, presença ou ausência de carúncula e maior ou menor aderência do tegumento ao endosperma. O peso de 100 sementes varia muito, de 10 a 100g, ou seja, de 0,1 a 1g por semente, com média de 30 g nas cultivares anãs (WEISS, 1983) e de 45 a 75 g nas cultivares de porte médio, como é o caso da BRS – Nordestina que é de 68 g 100⁻¹ sementes nas BRS - Paraguaçu.

2.6.1. O Agronegócio da Mamona no Brasil

Segundo Azevedo e Lima (2001), a mamona é arbusto de cujo fruto se extrai um óleo de excelentes propriedades, de largo uso como insumo industrial. Conhecido desde a antiguidade por suas propriedades medicinais e como azeite para iluminação, deixou, no presente século, de ter na farmacopéia sua principal utilidade. Ao contrário, os grandes consumidores dos dias atuais são as indústrias químicas e de lubrificantes.

Da industrialização da mamona, obtém-se, como produto principal, o óleo e, como subproduto, a torta de mamona que possui a capacidade de restaurar terras esgotadas, destacando-se seu emprego, na Bahia, na lavoura fumageira e na região Norte, na cultura do guaraná. Por ser produto tóxico, não serve para alimentação animal sem ter sido destoxicada de forma barata. Devido ao seu alto teor de proteínas de elevado valor biológico, estão sendo desenvolvidos processos para tirar a toxicidade da mamona, e já existe processo, porém ainda de custo elevado.

O Estado da Bahia, responsável por 85% da produção brasileira de mamona em baga, o comprador final deste produto é a indústria de óleo, que recebe a maior parte do produto via intermediários. Na Bahia e em Minas Gerais estão instaladas, ou em processo final de ampliação e instalação, as principais empresas que fazem a extração do óleo de mamona no Brasil. A capacidade instalada dessas empresas é da ordem de 161 mil toneladas por ano, o que pode gerar o equivalente a 72 mil toneladas de óleo, sem se levar em conta às empresas em processo de instalação. A partir de 1991, o Brasil se destacou como importador de óleo de mamona estando seu principal mercado comprador nos Estados Unidos, Alemanha, Bélgica, Reino Unido e Itália. O consumo interno médio de óleo de mamona gira em torno de 12 mil toneladas por ano (AZEVEDO e LIMA, 2001).

Estudo recente, realizado por uma equipe multidisciplinar, sobre o agronegócio da mamona, teve como principal conclusão que a mamona constitui, no momento, a cultura

de sequeiro mais rentável entre as grandes culturas, em certas áreas do semi-árido nordestino. Neste estudo consideraram-se as séries históricas das produtividades das áreas tradicionalmente produtoras de mamona, possibilitando estabelecer uma produtividade média de 1.000 kg por ano de baga de mamona por hectare. Tal produtividade tem sido considerada bastante conservadora, pois com as modernas cultivares desenvolvidas pela EMBRAPA Algodão, específicas para o Nordeste, chegou-se à produtividade superando a marca dos 2.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹, desde que as melhores condições e recomendações sejam seguidas (AZEVEDO e LIMA, 2001).

2.6.2. Importância Socioeconômica

No Brasil, a mamona é conhecida desde a era colonial quando dela se extraía o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar, além de servir como indicadora do ponto de fervura da rapadura, utilizada empiricamente pelos senhores de engenho (FORNAZIERI JUNIOR, 1980).

O cultivo da mamona tem sido praticado no país, tradicionalmente, pelos pequenos e médios produtores, sendo que a maioria encontra-se no estado da Bahia onde é cultivada em regime de consórcio principalmente feijão de arranca (*Phaseolus vulgaris L.*).

De acordo com a Portaria Nº. 08 de 05 de janeiro de 2005, publicada pelo o Ministério da Agricultura no dia 06 de janeiro de 2006, em que aprova o zoneamento da cultura da mamona na Paraíba que passou de 45 para 100 municípios. Com isso o estado da Paraíba deverá ter uma capacidade produtiva de 50 mil toneladas e gerar em pregos diretos na ordem de 15 mil. De cinco mil hectares plantados com a cultura da mamona em 2005, cultivados por 2 mil produtores, a ampliação do zoneamento favoreceu o plantio em média de 25 a 30 mil hectares por 10 mil produtores em 2006 (portal.paraiba.pb.gov.br.2007).

2.6.3. Matérias Primas para a Produção de Biodiesel

As matérias primas para a produção de biodiesel podem ter as seguintes origens: óleos vegetais, gorduras de animais e óleos e gorduras residuais. Óleos vegetais e gorduras são basicamente compostos de triglicérides, ésteres de glicerol e ácidos graxos.

Segundo Fontana (2003) citado em (HOLANDA, 2004) o biodiesel, um não-combustível, é um mono-éster de álcoois mais simples do que a glicerina tais como etanol C-2 (alternativamente também metanol C 1 ou propanol C3) quimicamente unido a ácidos graxos de cadeia longa (C-12 a C-22) oriundos de triglicerídios ou triacilgliceróis de sementes e frutos vegetais ou tecidos de animais oleaginosos saturados (babaçu e dendê; banha de porco, sebo bovino) ou alternativas insaturados (soja, algodão, amendoim, girassol, colza, nabo forrageiro) ou ainda insaturado-hidroxilado (mamona).

2.6.3.1. Óleos Vegetais

Todos os óleos vegetais, enquadrados na categoria de óleos fixos ou triglicérides, podem ser transformados em biodiesel. Dessa forma, poderiam constituir matéria prima para a produção de biodiesel, os óleos das seguintes espécies vegetais: grão de amendoim, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de praia, caroço de algodão, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, baga de mamona, semente de linhaça, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de colza, semente de tomate, entre outros vegetais em forma de sementes. Os chamados óleos essenciais constituem uma outra família de óleos vegetais, não podendo ser utilizados como matérias primas para a produção de biodiesel. Vale ressaltar que uma grande parte dos óleos essenciais pode ser utilizada, *in natura*, em motores a diesel, especialmente em mistura com óleo diesel mineral e/ou com o biodiesel (BELTRÃO et al., 2001).

O óleo de mamona, por exemplo, satura o mercado farmacêutico, como fármacos, em algumas dezenas de toneladas, e como matéria prima para a indústria química, incluindo-se na área cosmética, com menos de 800.000 toneladas anuais. Considerado um dos óleos mais versáteis da natureza, possui centenas de aplicações, como por exemplo: fabricação de cosméticos, próteses para ossos humanos, lubrificantes, aditivos de combustíveis aeroespaciais etc. Há no Brasil um déficit anual superior a 80 mil toneladas na oferta desse produto, o que obriga à importação de óleo bruto da Índia e da China para atender a necessidade da indústria nacional (AZEVEDO e LIMA, 2001).

2.6.3.2. Motivações para a Produção do Biodiesel

Benefícios sociais: o grande mercado energético brasileiro e mundial poderá gerar sustentação a um imenso programa de emprego e renda a partir da produção do biodiesel. A produção de oleaginosas em lavouras familiares faz com que o biodiesel seja alternativa importante para a erradicação da miséria no País, pela possibilidade de ocupação de enormes contingentes de pessoas. Na região semi-árida nordestina, vivem mais de 2 milhões de famílias em péssimas condições de vida.

Estudos desenvolvidos pelo o Ministério do Departamento Agrário, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Integração Nacional e Ministério das Cidades mostram que a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de aproximadamente R\$ 4.900,00 por emprego. Admitindo-se que para um emprego no campo são gerados três empregos na cidade, seriam criados, então, 180 mil empregos. Numa hipótese no mercado do biodiesel otimista de 6% de participação da agricultura familiar no mercado de biodiesel, seriam gerados mais de 1 milhão de empregos. A inclusão social e o desenvolvimento regional, especialmente via geração de emprego e renda, devem ser os princípios orientadores básicos das ações direcionadas ao biodiesel, o que implica dizer que sua produção e consumo devem ser promovidos de forma descentralizada e não excludente em termos de rotas tecnológicas e matéria-prima utilizada (HOLANDA, 2004).

Benefícios ambientais: o consumo de combustíveis fósseis derivado do petróleo tem um significativo impacto na qualidade do meio ambiente. A poluição do ar, as mudanças climáticas, os derramamentos de óleo e a geração de resíduos tóxicos são resultados do uso e da produção desses combustíveis. Estudos realizados pelo Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas – LADETEL, da USP, mostram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções de emissões de 20% de enxofre, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio. Os benefícios ambientais podem, ainda, gerar vantagens econômicas para o País. O Brasil poderia enquadrar o biodiesel nos acordos estabelecidos no Protocolo de Kyoto e nas diretrizes dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo-MDL (HOLANDA, 2004).

2.6.4. Nutrição Mineral na Mamoneira

Os nutrientes das plantas ocorrem no solo. Uma mínima fração de nutrientes (cerca de 0,2%) está dissolvida na água, estando o restante (98%) associada a detritos orgânicos e compostos inorgânicos quase insolúveis ou incorporados em substâncias minerais.

Todos os nutrientes essenciais à produção de alimentos e fibras estão relacionados com a qualidade do ambiente; por exemplo, o nitrogênio e o fósforo são os responsáveis maiores pela poluição ambiental, devido ao movimento potencial do nitrato que não foi utilizado, que corresponde àquele que foi aplicado em excesso, podendo ser lixiviado do perfil do solo agricultável, pela água de irrigação ou das chuvas.

2.6.5. Funções dos Macronutrientes na Mamoneira

A mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, tendo as sementes elevadas concentrações de óleo e proteínas, o que conduz a uma demanda razoável por elementos essenciais, especialmente nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio. Para uma produtividade o ideal é que se proceda à análise do solo antes do plantio, para que a adubação e a calagem sejam a melhor possível.

Nitrogênio: Elemento de suma importância, sendo participante da formação das proteínas e dos mega-elementos, oxigênio, carbono e hidrogênio, que são supridos pela água (O_2 e H) e pelo gás carbônico (CO_2) da atmosfera, que é o mais abundante elemento na mamoneira. Em excesso pode promover crescimento vegetativo exagerado e assim reduzir a produtividade, além de reduzir a resistência a vários insetos, pragas e fungos. Chega às raízes da mamoneira por fluxo de massa e contacto radicular.

O nitrogênio está relacionado com o crescimento e o desenvolvimento reprodutivo da planta e, quando em excesso, pode estimular um crescimento exagerado, alongando o ciclo, diminuindo a eficácia dos tratamentos fitossanitários e dificultando a colheita. Como também de acordo com Bielorai et al. (1984), nas maiores taxas de aplicação de efluente pode haver maior período vegetativo, excesso de crescimento e diminuição na produção de linter, devido ao excesso de nitrogênio e à aplicação de água.

As exigências de nitrogênio pelas plantas variam dependendo do estágio de desenvolvimento, e em algumas culturas o excesso desse nutriente pode causar desenvolvimento vegetativo exuberante em detrimento da produção de tubérculos, frutos e sementes. Em outras espécies pode proporcionar folhas mais suculentas e susceptíveis a doenças, ou reduzir a produção. O fornecimento de doses adequadas favorece o crescimento vegetativo, expande a área foliar e leva o potencial produtivo da cultura. O nitrogênio atua na síntese de aminoácidos e proteínas e participa também da constituição da clorofila, ácidos nucleicos e enzimas; compostos vitais para a planta (RAIJ, 1991; FILGUEIRA, 2000; SAN JUAN, 2000).

Fósforo: É um nutriente de vital importância para a mamoneira, sendo parte integrante dos ácidos nucleicos (RNA e DNA). Faz parte de outros constituintes importantes para o metabolismo celular. Chega às raízes da mamoneira por difusão.

Potássio: Elemento essencial que ativa mais de 40 sistemas enzimáticos no metabolismo da mamoneira, sendo participante do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos. Chega às raízes da mamoneira por difusão.

Cálcio: Elemento participante da lamela média das células, sendo ativador de vários sistemas enzimáticos. É responsável pela integridade das membranas celulares e de sua permeabilidade e da capacidade de seletividade. É praticamente imóvel dentro do floema da mamoneira e no solo chega às raízes por fluxo de massa, principalmente, e por contacto radicular.

Magnésio: Elemento vital, ativador de vários sistemas enzimáticos e participante ativo da molécula da clorofila junto com o nitrogênio. Chega às raízes da mamoneira via fluxo de massa, além do contacto radicular (BELTRÃO, 2002).

2.7. Manejo de Irrigação

O manejo de irrigação consiste na aplicação de água em momento oportuno e em quantidade suficiente para atender as necessidades hídricas das culturas. Procedimento esse que é de fundamental importância para obtenção de altas produtividades com

economia de água e energia (FARIAS e COSTA, 1987). Isto é imperativo nos dias de hoje em que a escassez da disponibilidade de água e racionamento de energia é uma realidade.

Das atividades ligadas a agricultura irrigada, a irrigação necessita ser melhor manejada, e pode ser monitorada medindo-se a umidade do solo. Esta umidade do solo pode ser medida gravitacionalmente (diretamente) através de tensiômetros, placas de pressão e psicrômetros termopares, moderação de nêutrons, além de outros métodos (REICHARDT, 1990).

O conhecimento do "status" da água no solo reveste-se, portanto, de importância primordial, uma vez que é permitido um manejo correto desse fator de produção agrícola em áreas irrigadas, isto é, faz-se a estimativa do momento e da quantidade de água que deve ser fornecida ao solo para a manutenção do cultivo sob condições hídricas adequadas, na busca da maximização da produtividade. Existem na literatura numerosos modelos de campo disponíveis para a programação da operação dos sistemas de irrigação. De acordo com Saad e Libardi (1992) citam que todas elas são baseadas no conhecimento de alguma propriedade do solo, da planta ou da atmosfera. Dentre essas podemos destacar a tensiometria que se baseia no conhecimento das propriedades físico-hídricas do solo tem sido bastante utilizado a sua praticidade, precisão satisfatória e baixo custo (FARIA E COSTA, 1987). Todos os métodos apresentam algumas limitações, ou são de precisão, ou são dispendiosos ou morosos, ou ainda, trabalhosos (KLAR, 1991).

De acordo com Brady (1989) os tensiômetros medem a tensão com que a água é retida em vez da quantidade absoluta da mesma água existente. São úteis para determinar as necessidades de água de irrigação, quando a umidade é mantida nas proximidades da capacidade de campo. O tensiômetro tem sido largamente utilizado como ferramenta no manejo da irrigação, tendo em vista sua praticidade, baixo custo e satisfatória precisão na determinação da tensão de água no solo. Com a tendência crescente do uso da fertirrigação, não se dispõe de dados a respeito das possíveis interações desta prática na condutância hidráulica e no tempo de resposta das cápsulas de cerâmica utilizadas nos tensiômetros. O tensiômetro, salvo algumas modificações de um tubo de PVC, cheio com água, com uma cápsula de cerâmica fixada em sua extremidade interior, uma vedação na parte superior do tubo e um indicador de vácuo, o qual pode ser um vacuômetro de coluna de mercúrio, um

vacuômetro metálico tipo Bourdon ou digital, fixo ou móvel, também conhecido como tensiômetro de punção (HILLEL, 1992; CASSEL e KLUTE, 1980).

O manejo da irrigação permite a manutenção da umidade do solo em níveis adequados à cultura, porém a mamona não tolera excesso de umidade, e essa situação favorece o surgimento de doenças fúngicas, Beltrão (2001), avaliando características de algumas variedades da mamona, obtiveram produções menores que a média regional, devido à ocorrência de fungos por excesso de umidade.

3.0. MATERIAL E METODOS

3.1. Local do Experimento e Clima

O experimento foi conduzido, no período de 5 de maio a 6 de outubro de 2006, com a planta da mamona (*Ricinus communis L.*), cultivar BRS Nordestina, em condições de casa de vegetação (Figura 2) do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ/EMBRAPA), localizada na cidade de Campina Grande-PB - Brasil, cujas coordenadas são as seguintes: 7° 13' 11'' de latitude Sul, 35° 52' 31'' de longitude oeste e a 550 m de altitude (IBGE, 2000).

De acordo com a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), o clima é o tipo "CSa", que é classificado como mesotérmico, semi-úmido, com verão quente e seco, tendo uma duração de quatro a cinco meses e chuva de outono e inverno. Também se observa, climas frios nos meses de junho e julho com médias de temperaturas inferiores a 20 °C (IBGE, 1991).

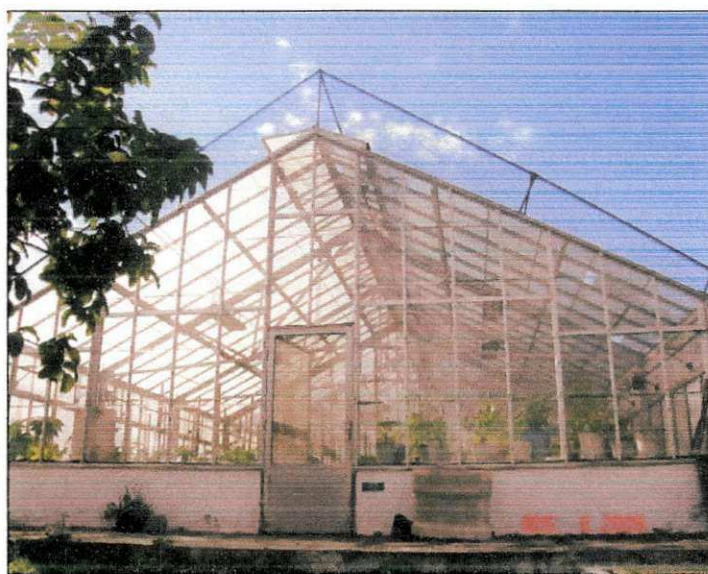


Figura 2. Casa de vegetação do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão CNPA EMBRAPA/ALGODÃO. Campina Grande-PB. 2006

3.2. Cultivar utilizada

No experimento foram utilizadas sementes de mamoneira pré-selecionadas da cultivar BRS Nordestina que possui uma grande resistência à seca, seu ciclo tem uma

duracão média de 250 dias, sua altura média é de 1.70 a 2.00 m de altura, seu fruto é semi-indescente, que varia entre 68 g por 100 sementes, dando uma produtividade entre 1.200 a 1.500 kg ha⁻¹, em regime de sequeiro e de 3.500 a 4.000 kg ha⁻¹, em regime de irrigação ou até mais, havendo registro de até mais de 600 kg de bagas ha⁻¹, com o teor de óleo na semente de acima 47% (BELTRÃO et al., 2001).

3.3. Instalação e Condução do Experimento

O experimento se desenvolveu em vasos plásticos, de modo que cada unidade experimental correspondeu a um vaso, com capacidade de 60 litros com diâmetro inferior de 27 cm, superior 41 cm e altura de 57 cm; foram utilizados 45 vasos, que se encontravam sob uma base de tijolos, como podem e observar na Figura 3.

Em cada vaso foi instalado um tensiômetro com objetivo de monitorar o conteúdo de água disponível no solo, foram preparados da seguinte forma: se colocou os mesmos em um balde com água destilada durante dois dias, de modo que a cápsula porosa ficasse submersa para manter o nível da água dentro do tensiômetro. A instalação dos tensiômetros ocorreu em uma profundidade de 30 cm da superfície do solo, medindo a partir do meio da cápsula porosa e juntamente com os tensiômetros também foram utilizadas estacas de madeira com 1,40 cm de altura com uma base para o recipiente com mercúrio e em cada estaca uma régua de 1 m de comprimento para fazer a leitura da altura da coluna de mercúrio, como se pode e observar na Figura 3 e 5.

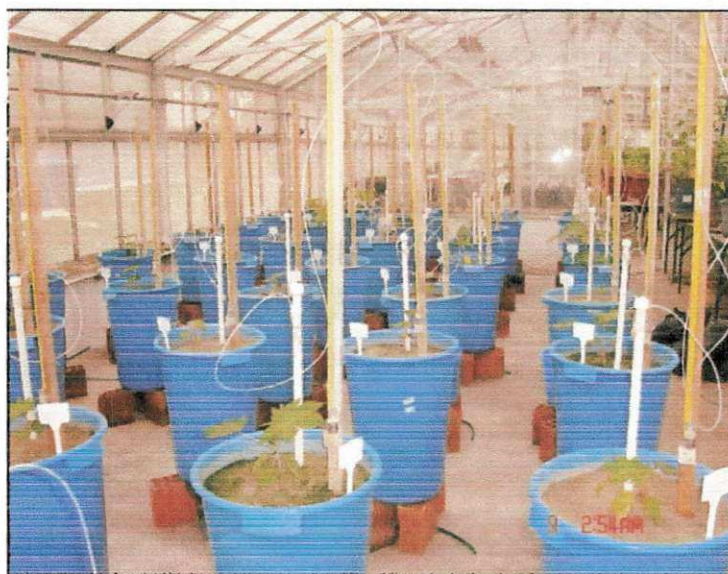


Figura 3. Visão geral do experimento da casa de vegetação da EMBRAPA/ALGODÃO, Cambina Grande-PB, 2006

3.3.1. Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com esquema de análise fatorial adicional $[(4 \times 3) + 3]$ com três repetições, tendo os seguintes fatores: três tipos de águas residuárias tratadas e água de abastecimento ($A_1 = \text{IPELSA}$; $A_2 = \text{COTEMINAS}$; $A_3 = \text{LEBOM}$; $A_4 = \text{Água da rede de abastecimento público da cidade de Campina Grande-PB}$) três níveis de água disponível no solo (AD) ($N_1 = 100$, $N_2 = 80$ e $N_3 = 70\%$ da água disponível) para as três testemunhas com água de abastecimento com fertilizante inorgânico na fundação (AF_4), utilizando NPK onde as fontes de nutrientes foram, sulfato de amônio (20% N), superfosfato triplo (43% P_2O_5) e cloreto de potássio (60% K_2O).

A seguir apresentam-se os 15 tratamentos resultantes das combinações entre os fatores tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (AD).

T1 = A_1N_1 - Água da IPELSA, 100% AD

T2 = A_1N_2 - Água da IPELSA, 80% AD

T3 = A_1N_3 - Água da IPELSA, 70% AD

T4 = A_2N_1 - Água da COTEMINAS, 100% AD

T5 = A_2N_2 - Água da COTEMINAS, 80% AD

T6 = A_2N_3 - Água da COTEMINAS, 70% AD

T7 = A_3N_1 - Água da LEBOM, 100% AD

T8 = A_3N_2 - Água da LEBOM, 80% AD

T9 = A_3N_3 - Água da LEBOM, 70% AD

T10 = A_4N_1 - Água de abastecimento, 100% AD

T11 = A_4N_2 - Água de abastecimento, 80% AD

T12 = A_4N_3 - Água de abastecimento 70% AD

T13 = AF_4N_1 - Água de Abastecimento com NPK na fundação, 100% AD

T14 = AF_4N_2 - Água de Abastecimento com NPK na fundação, 80% AD

T15 = AF_4N_3 - Água de Abastecimento com NPK na fundação, 70% AD

acordo com Tomé Júnior (1997) indica solo de baixa capacidade de troca de cátions e alta possibilidade de lixiviação de bases de cálcio, magnésio e potássio, aumentando os riscos de efeitos danosos com acúbos salinos. A condutividade elétrica foi de 0,14 dS m⁻¹.

Tabela 3. Características químicas (fertilidade) do solo antes da instalação do experimento

pH	CE (dS m ⁻¹)	Complexo Sortivo (cmol _c kg ⁻¹)								(mg dm ⁻³)	(g kg ⁻¹)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H	Al	T	P	MO
1:2,5	CE	0,43	0,17	0,04	0,09	0,73	0,18	0,30	1,21	0,40	10,9

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do DEAg/CTRN/UFMG Campina Grande-PB 2006. MO - matéria orgânica; S - Soma de bases trocáveis do solo e T - S+ H +Al - Total da Soma de bases trocáveis do solo Hidrogênio mais Alumínio

A Tabela 4 apresenta as características físico-hídricas do solo, sendo classificado como franco-arenoso apresentando 753,5 g kg⁻¹ de areia, 84,2 g kg⁻¹ de silte e 162,3 g kg⁻¹ de argila. Para a densidade das partículas em função da natureza mineralógica do solo, encontrou-se o valor da global de 1,65 g cm³ e da real 2,57 g cm³; estes valores estão dentro da normalidade de acordo com Kiehl (1979). A porosidade total foi de 37,74 %, que segundo Brady (1989) este valor está dentro da faixa adequada, que é de 35 a 50%. O valor da capacidade de campo foi de 2,85%, enquanto o ponto de murcha permanente a 15 atm foi de 2,04%. Em função de ser um solo já desgastado e com estruturação com densidade aparente elevada, a capacidade de retenção de água é mínima, conforme pode ser visto com os valores obtidos para a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente.

Tabela 4. Características físico-hídricas do solo antes da instalação do experimento

Densidade (g cm ³)		Granulométrica g kg ⁻¹			Textura	CC (%)	PMP (%)	PT (%)	AD (%)
Global	Real	Areia	Silte	Argila					
1,65	2,57	753,5	84,2	162,3	Franco arenoso	2,85	2,04	37,74	0,81

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/CTRN/UFMG) Campina Grande-PB 2006, CC - Capacidade de campo; PMP - Ponto de murcha permanente; PT - Porosidade total; AD - água disponível

3.3.3. Semeadura, Germinação e Desbaste da Plântula

A semeadura foi realizada no dia 27 de abril de 2006, utilizando sementes pré-selecionadas da cultivar BRS Nordestina, sendo cinco sementes por vaso inserida na

acordo com Tomé Júnior (1997) indica solo de baixa capacidade de troca de cátions e alta possibilidade de lixiviação de bases de cálcio, magnésio e potássio, aumentando os riscos de efeitos danosos com adubos salinos. A condutividade elétrica foi de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$.

Tabela 3. Características químicas (fertilidade) do solo antes da instalação do experimento

pH	CE (Ds m^{-1})	Complexo Sortivo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)							(mg dm^{-3})		(g kg^{-1})
		Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+	S	H	Al	T	P	MO
1:2,5	CE										
5,53	0,14	0,43	0,17	0,04	0,09	0,73	0,18	0,30	1,21	0,40	10,9

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do DEAg/CTRN/UFCG Campina Grande-PB 2006. MO - matéria orgânica; S - Soma de bases trocáveis do solo e T - S+ H +Al - Total da Soma de bases trocáveis do solo Hidrogênio mais Alumínio

A Tabela 4 apresenta as características físico-hídricas do solo, sendo classificado como franco-arenoso apresentando $753,5 \text{ g kg}^{-1}$ de areia, $84,2 \text{ g kg}^{-1}$ de silte e $162,3 \text{ g kg}^{-1}$ de argila. Para a densidade das partículas em função da natureza mineralógica do solo, encontrou-se o valor da global de $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ e da real $2,57 \text{ g cm}^{-3}$; estes valores estão dentro da normalidade de acordo com Kiehl (1979). A porosidade total foi de 37,74 %, que segundo Brady (1989) este valor está dentro da faixa adequada, que é de 35 a 50%. O valor da capacidade de campo foi de 2,85%, enquanto o ponto de murcha permanente a 15 atm foi de 2,04%. Em função de ser um solo já desgastado e com estruturação com densidade aparente elevada, a capacidade de retenção de água é mínima, conforme pode ser visto com os valores obtidos para a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente.

Tabela 4. Características físico-hídricas do solo antes da instalação do experimento

Densidade (g cm^{-3})		Granulométrica g kg^{-1}			Textura	CC (%)	PMP (%)	PT (%)	AD (%)
Global	Real	Areia	Silte	Argila					
1,65	2,57	753,5	84,2	162,3	Franco arenoso	2,85	2,04	37,74	0,81

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/CTRN/UFCG) Campina Grande-PB 2006. CC - Capacidade de campo; PMP - Ponto de murcha permanente; PT - Porosidade total; AD - água disponível

3.3.3. Semeadura, Germinação e Desbaste da Plântula

A semeadura foi realizada no dia 27 de abril de 2006, utilizando sementes pré-selecionadas da cultivar BRS Nordestina, sendo cinco sementes por vaso inserida na

posição vertical a uma profundidade de 2 cm em cada cova e um espaçamento entre as covas de 3 cm, conforme recomendações da Embrapa (2004).

O início da germinação ocorreu no dia 5 de maio de 2006, oito dias após a semeadura, com um índice de germinação de 99% (Figura 4).

O desbaste da plântula foi realizado em duas etapas, o primeiro em 12 de maio de 2006 retirando-se três plântulas e o outro no dia 18 de maio de 2006, deixando a melhor planta (Figura 5).



Figura 4. Germinação das sementes da mamoneira cultivar BRS Nordestina, casa de vegetação da EMBRAPA/ALGODÃO. Campina Grande-PB. 2006



Figura 5. Desbaste da mamoneira cultivar BRS Nordestina, casa de vegetação da EMBRAPA/ALGODÃO. Campina Grande-PB. 2006

3.3.4. Controle de Pragas e Ervas Daninhas

Foram realizadas três pulverizações para o controle de pragas. A primeira pulverização foi no dia 20/07/2006 contra a lagarta-imperial ou lagarta-dos-cafezais (*Eacles imperialis Drury*) utilizando o Endosulfan AG (Marca Agripec) cuja composição é o sumito, hexa clorobiciclo, hepteno e bis-oximetileno, com uma diluição de 10 g do inseticida para cinco litros de água. A segunda no dia 18/09/2006 contra o Ácaro Vermelho (*Teranychus ludeni*), utilizando Kumulus DF (BASF Prism Sulphur Corporation e Ultrafertil S/A Ind. e Comercio de Fertilizantes) cujo principio ativo é o Sulfur (enxofre) 80% m m⁻¹ (800g kg⁻¹) e ingredientes inertes 20% m m⁻¹ (200g kg⁻¹), com uma diluição de 10 g do inseticida para cinco litros de água. A ultima pulverização ocorreu no dia 08/10/06 contra o Ácaro Vermelho (*Teranychus ludeni*), onde se utilizou o mesmo fungicida da segunda pulverização só que a diluição de 15 g do inseticida para cinco litros de água. O controle de ervas daninhas foi realizado manualmente.

3.3.5. Monitoramento Água Residuária Utilizada no Experimento

Utilizaram-se dois tipos de água no experimento: água de abastecimento e água residuária tratada. A água de abastecimento público da rede de abastecimento público de água (CAGEPA) da cidade de Campina Grande-PB. As águas residuárias tratadas utilizadas nos tratamentos foram das seguintes Estações de Tratamento de Efluente (ETE) das indústrias: IPELSA, COTEMINAS e LEBOM.

A motivação que levou a utilização de diferentes tipos de águas residuárias tratadas provenientes das indústrias IPELSA-Indústria de Celulose e Papel da Paraíba S/A, COTEMINAS S/A e ILCASA-Indústria de Laticínios de Campina Grande S/A (LEBOM) situadas na cidade de Campina Grande-PB, se deu através de uma pesquisa desenvolvida pela autora sobre as potencialidades das águas residuárias de Campina Grande, as quais estão dentro de um programa desenvolvido pelo órgão ambiental. SUDEMA do Estado da Paraíba, que faz controle dos despejos de efluentes no meio ambiente.

A principal atividade da indústria IPELSA é a fabricação de papel higiênico utilizando a reciclagem de jornais, revistas etc., enquanto que a principal atividade da indústria COTEMINAS é a fiação de algodão, que neste processo não utiliza água,

tornando assim a característica do seu efluente como doméstico: já a indústria LEBOM tem como principal atividade Laticínios, onde pode se encontrar bastante matéria orgânica e nitratos.

O monitoramento das águas residuárias tratadas utilizadas nas plantas foi realizado mensalmente para as características físico-químicas e metais pesados da água durante todo o experimento. A coleta das amostras de água foram no intervalo do horário de 7:00 a 8:00 h da manhã em garrafas plásticas do tipo PET, limpas e lavadas com água destilada, com capacidade para 2 L. devidamente identificadas, acondicionadas em uma bolsa térmica com gelo e encaminhadas ao laboratório, da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES) UFPB/UEPB, Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande e o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus II – Areia - PB.



Figura A.



Figura B.



Figura C.

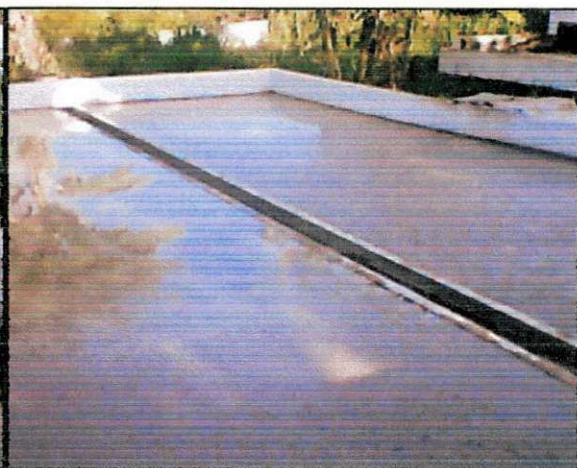


Figura D.



Figura E.

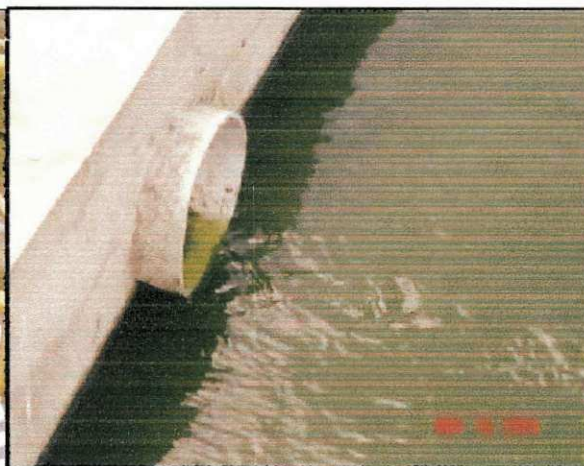


Figura F.

Figura 6. Estação de tratamento dos efluentes utilizados na pesquisa: **A.** ETE da IPELSA; **B.** Saída do efluente final da IPELSA; **C.** Entrada do efluente bruto com Grade e calha Parshall da ETE da LEBOM; **D.** ETE da LEBOM; **E.** UASB da ETE da COTEMINAS; **F.** Saída do efluente da ETE da COTEMINAS para o meio ambiente, Campina Grande-PB, 2006

3.3.6. Manejo da Irrigação

Para o monitoramento das condições hídricas do solo, foram instalados em cada vaso um de tensiômetro a 30 cm de profundidade, com leituras diárias para o controle da irrigação, e com base na seguinte equação.

$$\Psi_m = - 1,26 h + h_1 + h_2 \quad \text{equação 1}$$

Em que: Ψ_m é o potencial matricial (cm. c. a); h a altura d equilíbrio da coluna de mercúrio (cm); h_1 a altura da superfície do mercúrio até a superfície do solo, h_2 profundida de instalação dos tensiômetros (cm).

O momento de irrigar foi definido quando os tensiômetros indicavam potencial matricial da água no solo de 145, 54; 202,62 e 253,90 cm.c.a, que corresponde a valores de "h" da altura da coluna de mercúrio de 5,0; 5,50 e 6,0 cm de coluna de mercúrio, respectivamente, sendo esses valores estabelecidos a partir dos níveis de água disponível no solo $N_1 = 100\%$ $N_2 = 80\%$ e $N_3 = 70\%$ que são relacionados às exigência hídricas da planta da mamoneira BRS Nordestina.

A capacidade de água disponível (CAD) no solo representa a lâmina de água armazenada na camada explorada pelas raízes, foi determinada através da seguinte equação.

$$CAD = \frac{\theta_{CC} - \theta_{PMP}}{100} \times Z \quad \text{equação 2}$$

Em que:

CAD - capacidade de água disponível no solo, mm

θ_{CC} - umidade do solo na capacidade de campo em % base solo seco

θ_{PMP} - umidade do solo no ponto de murcha permanente em % base solo seco

Z - profundidade efetiva do sistema radicular em cm.

A determinação da umidade do solo (θ) em relação aos potenciais matriciais (Ψ_m) foi calculada por meio da equação de GENUCHTEN (1980).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha |\psi_m|^n)^m\right]} \quad \text{equação 3}$$

Em que, θ_r e θ_s - umidade residual e de saturação do solo, respectivamente, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; ψ_m - potencial mátrico, cm, e α , n e m - parâmetros de ajuste da equação.

O nível N_i da CAD foi usado para simular níveis de manejo da irrigação, representando um valor de tensão da água no solo, que possibilita uma porcentagem do rendimento potencial da cultura em questão e que foi determinada através da seguinte expressão:

$$AD = N_i \times CAD$$

Em que: N_i = níveis de água disponível no solo, no nível de manejo i . Os níveis de manejo simulados através do nível N_i , em cada ambiente: $AD_1 = N_1 \times CAD$; $AD_2 = N_2 \times CAD$ e $AD_3 = N_3 \times CAD$. Cada nível de água disponível no solo N_i representa um limite inferior de disponibilidade hídrica no solo que garanta uma proporção da produtividade potencial da cultura, qual seja: $N_1 = 100\%$ do rendimento potencial; $N_2 = 90\%$ do rendimento potencial; $N_3 = 80\%$ do rendimento potencial; e $N_4 = 70\%$ do rendimento potencial.

Na fase inicial do experimento adotou-se um volume único para todas as irrigações independentemente dos tratamentos correspondendo a 300 mL/dia de água de abastecimento durante os primeiros 15 dias. A partir do dia 24 de maio de 2006 teve início a irrigação diferenciada, com água de abastecimento e água residuária tratada, de acordo com os tratamentos determinados e volumes de água diferentes para cada tratamento uma vez que a demanda. (Figura 8). A drenagem foi realizada através de orifícios com diâmetro de 5 cm na parte inferior dos vasos.

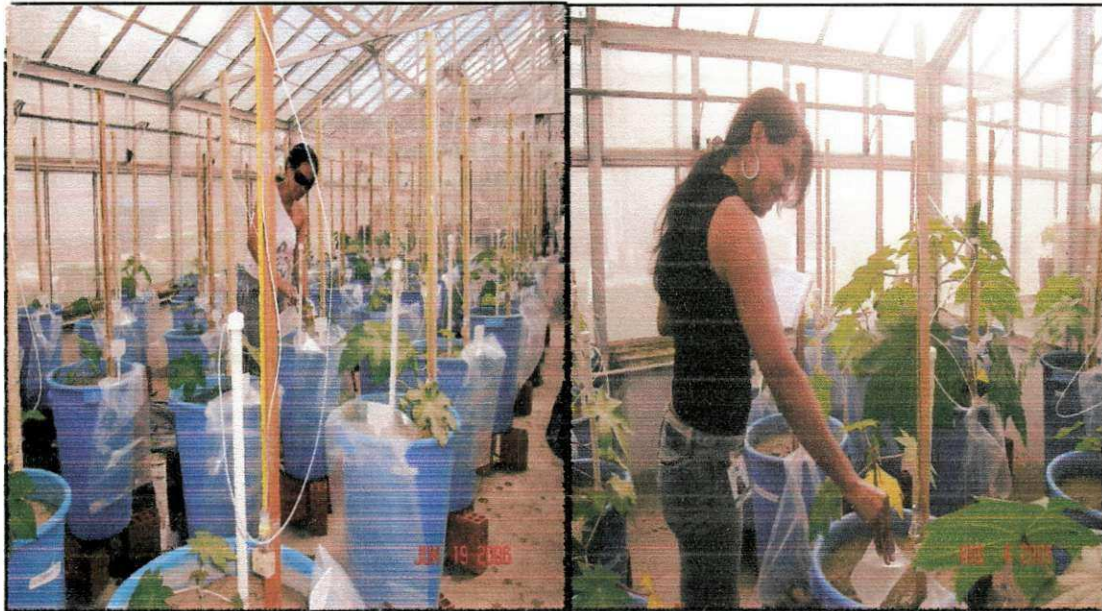


Figura 7. Irrigação manual utilizando Becker, casa de vegetação da Embrapa/ Algodão, Campina Grande-PB. 2006



Figura 8. Coluna de mercúrio para monitoramento do conteúdo de água no solo, casa de vegetação Embrapa/Algodão. Campina Grande-PB. 2006

3.3.7. Variáveis Avaliadas

3.3.7.1. Variáveis Físico-Químicas das Águas Residuárias Tratadas

Para analisar as características físicas da água residuária tratada utilizou-se a metodologia de APHA (1995) para as seguintes variáveis: pH (Potencial hidrogeniônico), Condutividade Elétrica (CE), Dureza, como também para as características químicas: Potássio (K), Cálcio (Ca), Sódio (Na), Magnésio (Mg), Cloreto, Ferro Total, Sulfato, Carbonatos, Bicarbonatos, Alcalinidade em bicarbonatos, Alcalinidade em Carbonato, Alcalinidade total. As análises físicas e químicas das águas residuárias tratadas foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Potencial hidrogeniônico (pH): O pH foi determinado pelo método potenciométrico (APHA, 1998), utilizando um pH metro da marca ORION, com eletrodo combinado MICRONAL, calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7 ou 7 e 9.

Condutividade elétrica: Para sua determinação foi utilizado o método eletrométrico (APHA, 1995), empregando-se um condutivímetro de leitura direta do tipo Kondukto meter E527.

Cálcio: A concentração de cálcio foi determinada pelo método de titulação (APHA, 1998), usando-se como solução titulante o EDTA 0,025N e solução indicadora de murexida

Magnésio: A concentração de magnésio foi determinada pelo método de titulação (APHA, 1998), usando-se como solução titulante o EDTA 0,025N e solução indicadora o eriocromo-T.

Sódio: A concentração de sódio foi determinada pelo método fotometria de chama, usando-se um fotômetro da marca MICRONAL modelo B262, com filtro de sódio.

Potássio: A concentração de potássio foi determinada pelo método fotometria de chama. As leituras foram realizadas num fotômetro de chama (MICRONAL - modelo B262), com filtro de potássio.

Cloretos: Para determinação do cloreto foi utilizado o método argentométrico de Mohr (APHA, 1998), usando-se uma solução de nitrato de prata 0,05N como titulante e como solução indicadora o cromato de potássio a 5%.

Carbonatos: A concentração de carbonatos foi determinada pelo método de titulação (APHA, 1998), usando-se como solução titulante o ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,02 N e solução indicadora a Fenolftaleína.

Bicarbonatos: A concentração de bicarbonatos foi determinada pelo método de titulação (APHA, 1998), usando-se como solução titulante o ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,02 N e solução indicadora o metil orange.

Ferro Total: Para sua determinação foi utilizado o método espectrofotométrico (APHA, 1998), fazendo-se a leitura no comprimento de onda de 480 μm.

Para o variável Fósforo (P), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Nitrito a metodologia utilizada foi a de SILVA (2001), analisadas na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES) UFPB/UEPB.

Fósforo (P): Para sua determinação foi utilizado o Método do Ácido Ascórbico após Digestão com Persulfato utilizando-se o espectrofotômetro a 880 nm COLEMAN-395-D SILVA (2001).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): Para sua determinação foi utilizado o método Padrão Modificado, utilizando-se CLANDON, SILVA (2001). A DBO₅ foi calculada pela a seguinte equação:

a) Quanto a água de diluição não for semeada:

$$DBO_5 ((\text{mg O}_2/\text{l})) = [(OD_i - OD_5)] \times \frac{VF}{VA} \quad \text{equação 4}$$

b) Quanto a água de diluição for semeada:

$$DBO_5 ((\text{mg O}_2/\text{l})) = [(OD_i - OD_5) - (ODS_i - ODS_s)] \times \frac{VF}{VA} \quad \text{equação 5}$$

Onde:

OD_i = Oxigênio dissolvido da amostra diluída imediatamente após a sua preparação, mg O₂/l;

OD₅ = Oxigênio dissolvido da amostra diluída após incubação durante 5 dias a 20 °C. mg O₂/l;

ODS_i = Oxigênio dissolvido do controle da semente antes da incubação, mg O₂/l;

ODS₅ = Oxigênio dissolvido do controle da semente após da incubação durante 5 dias a 20 °C, mg O₂/l;

VF = volume do frasco de DBO, ml;

VA = volume do frasco de DBO, ml;

f = Relação entre a semente na amostra diluída e a semente no controle da semente, que é igual a percentagem da semente na amostra diluída pela percentagem da semente no controle da semente.

Química de Oxigênio (DQO): a DQO foi determinada pelo o método da refluxação fechada ou da digestão de pequenas amostras SILVA (2001). A DQO foi calculada pela a seguinte equação:

$$DOO \text{ (mg O}_2\text{/l)} = \frac{(VPB - VPA) \times 1000}{V} \quad \text{equação 6}$$

Onde:

VPB = Volume da solução ferrosa gasto na titulação da prova em branco, ml;

VPA = Volume da solução ferrosa gasto na titulação da prova que contém a amostra, ml;

VP = Volume da solução ferrosa gasto na titulação da prova padrão, ml.

Nitrogênio Amoniacal: o nitrogênio amoniacal foi determinado pelo o método fotométrico da Nesslerização direta.

Nitrito (NO₂): Para sua determinação foi utilizado o método calorimétrico da diazotização.

Nitrato (NO₃): Para sua determinação foi utilizado o método do ácido cromotrópico

Foram analisados ainda os metais pesados: Cobre (Cu), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) (APHA, 1995). As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus II – Areia - PB.

3.3.7.2. Variáveis de Desenvolvimento, Produção e Fitomassa

Durante o ciclo da planta da mamoneira (135 dias), a cada 15 dias foram realizadas medições da altura da planta, diâmetro caulinar e comprimento da folha. As medições foram realizadas utilizando-se paquímetro e diastimetro (régua). A altura da planta (cm) foi mensurada com régua, se medido o comprimento desde o colo da planta até a inserção da última folha. O diâmetro caulinar (mm) foi obtido a 2 cm do colo da planta, utilizando-se paquímetro. A determinação da área foliar foi realizada através da técnica não destrutiva, seguindo recomendações de Hozumi (1955). Para estimativa da área foliar utilizou-se o modelo matemático proposto por Wendt (1967), em função do comprimento das folhas da planta:

$$\text{Log AF}_T = -0,346 + 2,152 \log \text{CF} \quad \text{equação 7}$$

Em que

AF_T - Área foliar total da planta (cm²)

CF - comprimento da folha (cm)

A área foliar total da planta correspondeu à soma dos valores de AF de todas as folhas da cada planta:

As variáveis de produção e fitomassa analisadas foram número de frutos por planta, contando cada fruto por cacho, peso seco das folhas e peso seco do caule. As folhas, frutos e os caules foram secos em estufa (marca FABBE, modelo 119-A 50-CA 200-C FMBM-r-027) a uma temperatura de 50 °C durante 72 horas, a balança utilizada para pesar as folhas, frutos e caule (marca Marte, modelo A 5000).

3.3.7.3. Análise Estatística

O estudo estatístico das variáveis determinadas foram processadas pelo programa SISVAR 4.3 (2003), com nível de significância de 5% de probabilidade com objetivo de realizar:

a) Análise de variância para as seguintes variáveis: altura da planta, área foliar total, diâmetro caulinar, número de frutos por planta, contando cada fruto por cacno, peso seco das roínas e peso seco do caule;

b) Teste de comparação múltipla (Tuker), para cada efeito significativo da análise de variância;

c) Análise de regressão para determinação do modelo matemático que forma expressar as respostas das variáveis quantitativa dos fatores nas plantas.

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Monitoramento das Águas Residuárias Tratadas para Irrigação

De acordo com Gheyi et al. (1999), qualquer que seja a fonte de água usada na irrigação esta sempre contém sais. Segundo Macêdo e Menino (1998), os teores elevados de Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} e HCO_3^- na água residuária são relativos à sua presença na água de abastecimento e ao uso de detergentes sintéticos e sabão em pó à base de sais de sódio, como silicato de sódio, carbonato de sódio, sulfato de sódio e dejetos humanos, que também contribuem para elevada concentração iônica dos esgotos, conforme Dacach (1991) citado por Ferreira (2003).

Os resultados das análises de água proveniente das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM que foram monitorados durante os meses de junho a setembro de 2006 a cada 15 dias encontram-se nas Tabelas 5, 6, 7.

Verifica-se na Tabela 5 que os valores da condutividade elétrica das águas residuárias tratadas das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM estão de acordo com a classificação por Ayers e Westcot (1999).

Os resultados dos valores de magnésio encontrados na água residuária tratada das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM estão adequados para o uso, uma vez que segundo Ayers e Westcot (1999) devem ser de 0 a 60 mg L^{-1} . Os valores de cloreto se encontram dentro da faixa de concentração tóxica que é (142 a 355 mg L^{-1}) com exceção para os resultados das duas primeiras análises da IPELSA que foi ligeiramente acima dos valores recomendados por Molle e Cadier (1992).

O cloreto não é retido nem absorvido pelas partículas do solo, se desloca facilmente, sendo absorvido pelas raízes e translocado as folhas, acumulando-se através da transpiração e, quando sua concentração excede o limite de tolerância, ocorre necrose e queimadura nas folhas Ayers e Westcot (1999).

Segundo Laraque (1991) citado por Ferreira (2003), destaca que o sódio se torna perigoso nas concentrações entre os valores 69 a 207 mg L^{-1} são muito problemático acima desta faixa que pode causar queimaduras e necrose ao longo das bordas das folhas das plantas.

Segundo Ayers e Westcot (1999), as concentrações recomendadas de potássio devem estar na faixa de 0 a 78 mg L^{-1} , por tanto os valores encontrados nas águas

residuárias tratadas das indústrias IPELSA, COTEMINAS, LEBOM, apresentam-se na dentro da normalidade.

Os resultados das análises de cálcio encontrada nas águas residuárias tratadas da IPELSA apresentaram bastantes elevadas quando comparados aos da COTEMINAS e LEBOM, esta elevação é possivelmente aos produtos químicos utilizados na fabricação do papel higiênico.

Tabela 5. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias: IPELSA, COTEMINAS e LEBOM

Indústrias	Datas	pH	C.E (dS m ⁻¹)	Dureza (mg L ⁻¹)	Sulfato - 10%	Na (mg L ⁻¹)	K (mg L ⁻¹)	Ca (mg L ⁻¹)	Mg. (mg L ⁻¹)	Cloreto (mg L ⁻¹)
IPELSA	12/06/2006	7,14	2,17	630,00	232,63	29,44	24,99	93,25	95,25	424,51
IPELSA	27/06/2006	7,22	1,77	620,63	274,10	211,41	25,71	191,25	34,2	374,88
IPELSA	12/07/2006	7,37	1,76	615,00	262,66	211,41	24,27	168,25	46,65	345,64
IPELSA	27/07/2006	7,56	1,77	890,00	181,00	211,41	25,71	246,50	65,7	225,11
IPELSA	11/08/2006	7,44	1,77	678,13	360,50	211,37	24,96	234,60	21,84	383,75
IPELSA	26/08/2006	7,10	2,04	658,75	248,83	29,21	26,13	165,40	58,8	365,14
IPELSA	10/09/2006	7,29	1,97	727,50	225,29	317,17	26,13	196,60	56,52	387,29
COTEMINAS	12/06/2006	7,67	1,17	136,88	7,99	124,66	28,58	19,00	21,45	222,45
COTEMINAS	27/06/2006	7,54	1,03	158,13	67,61	131,01	28,58	18,50	26,85	222,45
COTEMINAS	12/07/2006	7,78	0,96	140,00	63,29	128,89	25,71	20,00	21,6	206,50
COTEMINAS	27/07/2006	7,78	0,97	162,50	266,33	135,24	27,14	24,50	24,3	89,51
COTEMINAS	11/08/2006	7,83	1,04	163,75	79,92	145,59	28,47	22,00	26,04	239,29
COTEMINAS	26/08/2006	7,42	1,09	156,25	22,90	141,45	31,20	31,00	18,96	212,70
COTEMINAS	10/09/2006	7,80	1,05	168,13	32,83	143,52	31,98	18,20	29,40	214,47
LEBOM	12/06/2006	5,39	1,37	273,13	34,99	126,77	26,43	46,50	37,65	108,12
LEBOM	27/06/2006	5,22	0,92	195,63	130,03	135,24	21,40	30,00	28,95	134,71
LEBOM	12/07/2006	5,92	0,71	208,75	20,74	82,34	14,23	27,25	33,75	69,13
LEBOM	27/07/2006	11,31	0,73	86,25	524,88	145,82	7,77	20,50	8,40	377,54
LEBOM	11/08/2006	10,98	1,06	138,13	56,38	211,37	20,67	30,60	14,64	135,60
LEBOM	26/08/2006	12,06	4,13	143,75	936,36	75,90	24,18	30,00	16,56	162,18
LEBOM	10/09/2006	6,38	0,83	182,50	43,42	147,89	12,48	31,00	25,20	100,15

As análises foram analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/UFCG), PB. 2006.

Tabela 6. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias: IPELSA, COTEMINAS e LEBOM

Indústrias	Datas	Carbonato (mg L⁻¹)	Bicarbonato (mg L⁻¹)	Alcalinidade em carbonatos	Alcalinidade em bicarbonatos	Alcalinidade Total	Ferro
IPELSA	12/06/2006	0	920,49	0	754,5	754,5	-
IPELSA	27/06/2006	0	821,06	0	673	673	2,69
IPELSA	12/07/2006	0	849,12	0	696	696	2,37
IPELSA	27/07/2006	0	947,94	0	777	777	1,66
IPELSA	11/08/2006	0	928,42	0	761	761	1,58
IPELSA	26/08/2006	0	967,46	0	793	793	1,42
IPELSA	10/09/2006	0	853,39	0	699,5	699,5	2,14
COTEMINAS	12/06/2006	0	340,99	0	279,5	279,5	-
COTEMINAS	27/06/2006	0	340,38	0	279	279	2,69
COTEMINAS	12/07/2006	0	319,03	0	261,5	261,5	2,37
COTEMINAS	27/07/2006	0	61,00	0	50	50	1,66
COTEMINAS	11/08/2006	0	335,5	0	275	275	1,58
COTEMINAS	26/08/2006	0	331,23	0	271,5	271,5	1,42
COTEMINAS	10/09/2006	0	317,81	0	260,5	260,5	2,14
LEBOM	12/06/2006	0	599,02	0	9,82	9,82	-
LEBOM	27/06/2006	0	512,4	0	8,4	8,4	5,08
LEBOM	12/07/2006	0	284,26	0	4,66	4,66	2,93
LEBOM	27/07/2006	264	0	440	8,8	448,8	2,29
LEBOM	11/08/2006	242,4	0	404	8,08	412,08	5,16
LEBOM	26/08/2006	1542	427	2570	58,4	2628,4	5,16
LEBOM	10/09/2006	0	395,28	0	6,48	6,48	5,71

As análises foram analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/UFCG), PB. 2006.

O fósforo (P) age na respiração, produção e processos de transformação de energia pela planta; bem como na divisão celular: compondo algumas substâncias de reserva, como os albuminóides e o amido; melhorando o florescimento, frutificação, e contribuindo para o desenvolvimento radicular; agindo na colheita como fator de qualidade e quantidade e incrementando a precocidade da produção (GOMES, 1978; RAIJ, 1991).

Ao observar a Tabela 7 verifica-se que os valores de fósforo encontrados IPELSA, COTEMINAS, LEBOM estão dentro da faixa recomendada, que de acordo com (METCALT; EDDY, 1991) o valor médio do fósforo total em água residuária é de 4 a 15 mg L⁻¹.

Os elevados teores de nitrogênio amoniacal, DQO verificados na água residuária provém do uso de sabão e detergentes sintéticos, restos de alimentos e outras formas de matéria orgânica em decomposição. Essas concentrações elevadas podem contaminar o meio ambiente. Porém a utilização dessa água residuária na agricultura promove o estabelecimento de nutrientes no solo, resultando em uma reserva destes fertilizantes, os quais possuem uma grande importância na produção das culturas (FEIGIN et al., 1991) citada por Nascimento (2003).

Tabela 7. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias IPELSA COTEMINAS LEBOM

Indústrias	Datas	DBO¹ (mgO₂L⁻¹)	DQO² (mgO₂ L⁻¹)	FOSFORO (mg L⁻¹)
IPELSA	12/06/2006	174	474	2,67
IPELSA	27/06/2006	150	253	0,39
IPELSA	12/07/2006	90	436	1,73
IPELSA	27/07/2006	168	542	2,05
IPELSA	11/08/2006	90	357	1,52
IPELSA	26/08/2006	186	547	*
IPELSA	10/09/2006	30	625	*
COTEMINAS	12/06/2006	36	124	8,58
COTEMINAS	27/06/2006	36	120	6,5
COTEMINAS	12/07/2006	24	277	8,9
COTEMINAS	27/07/2006	24	277	7,45
COTEMINAS	11/08/2006	30	288	9,33
COTEMINAS	26/08/2006	138	388	*
COTEMINAS	10/09/2006	108	335	*
LEBOM	12/06/2006	372	1236	8,14
LEBOM	27/06/2006	252	3057	5,99
LEBOM	12/07/2006	342	753	9,05
LEBOM	27/07/2006	324	643	4,22
LEBOM	11/08/2006	486	1094	7,69
LEBOM	26/08/2006	540	2942	*
LEBOM	10/09/2006	180	2162	*

As foram analisados na Estação Experimental de Tratamento Biológica de Esgoto Sanitário (EXTRABES) UFPB/UEPB-2006 (SILVA, 2001). DBO¹ - Demando Bioquímica de Oxigênio; DQO² - Demando Química de Oxigênio

De acordo com Ayers e Westcot (1999), o nitrogênio afeta as culturas sensíveis por concentrações superiores a 5 mg L^{-1} , enquanto a maior parte das culturas não é afetada até que as concentrações excedam 50 mg L^{-1} .

Os elevados teores de nitrogênio amoniacal, verificados na água residuária provem do uso de sabão e detergentes sintéticos, restos de alimentos e outras formas de matéria orgânica em decomposição. Essas concentrações elevadas podem contaminar o meio ambiente. Porém a utilização dessa água residuária na agricultura promove o estabelecimento de nutrientes no solo, resultando em uma reserva destes fertilizantes, os quais possuem uma grande importância na produção das culturas (FEIGIN et al., 1991) citado por Nascimento (2003).

Tabela 8. Análises das águas residuárias tratadas das Indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM

Indústrias	Datas	Nitrogênio Amoniacal (mg L^{-1})	Nitrito (mg L^{-1})	Nitrato (mg L^{-1})
IPELSA	27/07/2006	15,95	11,69	3,03
IPELSA	11/08/2006	10,30	30,71	2,22
IPELSA	26/08/2006	6,01	211,50	0,42
IPELSA	10/09/2006	7,71	102,80	1,80
COTEMINAS	27/07/2006	48,47	27,22	2,38
COTEMINAS	11/08/2006	37,29	54,27	0,91
COTEMINAS	26/08/2006	32,55	766,07	0,83
COTEMINAS	10/09/2006	40,22	217,44	1,78
LEBOM	27/07/2006	28,26	*	0,30
LEBOM	11/08/2006	27,92	68,32	8,67
LEBOM	26/08/2006	13,13	1,195,26	0,95
LEBOM	10/09/2006	30,69	165,53	0,45

As analisadas foram realizadas no laboratório da EXTRABES (Estação Experimental de Tratamento Biológica de Esgoto Sanitário) UFPB/UEPB. Metodologia (SILVA, 2001) Campina Grande, PB, 2006; DBO^1 - Demanda Bioquímica de Oxigênio e DQO^2 - Demanda Química de Oxigênio

*não houve leitura

Na Tabela 9, verifica-se os valores de cádmio, cobre, chumbo, manganês nas águas residuárias tratadas das indústrias, onde os mesmo encontram-se dentro dos parâmetros permitido pelo o CONAMA (1986).

Tabela 9. Análises das águas residuárias tratadas das indústrias IPELSA, COTEMINAS e LEBOM

Indústrias	Datas	Cu (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)	Zn (mg L ⁻¹)	Pb (mg L ⁻¹)	Cd (mg L ⁻¹)
IPELSA	09/05/2006	0,04	<LD ¹	0,20	<LD ²	0,16
IPELSA	22/06/2006	*	0,81	0,06	<LD ²	<LD ³
IPELSA	13/07/2006	*	0,69	0,07	0,07	0,02
COTEMINAS	09/05/2006	0,03	<LD ¹	0,15	<LD ²	<LD ³
COTEMINAS	22/06/2006	*	0,22	0,02	0,11	<LD ³
COTEMINAS	13/07/2006	*	0,14	0,03	<LD ²	<LD ³
LEBOM	09/05/2006	0,13	<LD ¹	0,24	<LD ²	0,22
LEBOM	22/06/2006	*	0,14	0,06	0,05	<LD ³
LEBOM	13/07/2006	*	<LD ¹	0,04	<LD ²	0,01

As analisadas foram realizadas no laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus II – Areia – PB; <LD¹: Abaixo do Limite de Detecção do aparelho – 0,01 mg L⁻¹; <LD²: Abaixo do Limite de Detecção do aparelho – 0,05 mg L⁻¹; <LD³: Abaixo do Limite de Detecção do aparelho – 0,1 μ L⁻¹; *limite de detecção menor que 0.001 mg L⁻¹

4.2. A Característica Química do Solo no Final da Pesquisa

Observando a Tabela 10 os resultados dos valores médios das análises química do solo em função dos diferentes tratamentos aplicados. Constata-se que os maiores valores médios de sódio (Na⁺) foram encontrados quando irrigados com águas residuárias tratadas nos tratamentos T₂ = A₁N₂ (água de abastecimento sem fertilizante 80%) e T₅ = A₂N₂ (COTEMINAS 80%). Também se observa que para os valores médios de fósforos foram encontrados na presença do tratamento T₄ = A₂N₁ (COTEMINAS 100%) seguindo de T₅ = A₂N₂, pelo fator água residuária tratada da COTEMINAS (A₂) apresenta características domésticas e também N₂ corresponde a níveis de disponível água no solo de 80% da água disponível no solo (AD).

Os valores de pH mais elevados foram encontrados quando irrigados com água residuária tratada da IPELSA (A₁) e níveis de disponível água no solo 100% de AD. Que de acordo com Neto et al. (2001) esta acima do pH ideal para a mamoneira que é em torno de 6,0 a 7,0.

Tabela 10. Valores médios das análises química (fertilidade) do ambiente edáfico no final do experimento

Tratamento.	pH H ₂ O1:2,5	CE (ds m ⁻¹)	Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)								(mg dm ⁻³)	
			CE	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H	Al	T	P
T ₁ = A ₁ N ₁ IPELSA 100% AD		8,59	0,524	2,35	0,89	26,20	3,78	33,22	*	*	33,22	4,5
T ₂ = A ₁ N ₂ IPELSA 80% AD		8,71	0,762	2,13	0,85	44,38	6,83	54,19	*	*	54,19	2,9
T ₃ = A ₁ N ₃ IPELSA 70% AD		8,75	1,009	1,97	1,24	31,53	10,40	45,14	*	*	45,14	4,7
T ₄ = A ₂ N ₁ COTEMINAS 100% AD		7,18	0,719	1,28	1,47	42,12	5,49	50,36	*	*	50,36	36,70
T ₅ = A ₂ N ₂ COTEMINAS 80% AD		7,02	0,713	1,20	1,63	42,79	5,98	51,60	*	*	51,60	27,20
T ₆ = A ₂ N ₃ COTEMINAS		7,15	0,455	1,18	1,13	20,32	7,02	29,65	*	*	29,65	18,20
T ₇ = A ₃ N ₁ LEBOM 100% AD		7,72	0,395	1,52	1,22	25,40	4,81	32,95	1,42	*	34,37	18,90
T ₈ = A ₃ N ₂ LEBOM 80% AD		8,02	0,373	1,69	0,94	27,13	6,76	36,52	*	*	36,52	20,40
T ₉ = A ₃ N ₃ LEBOM 70% AD		7,84	0,330	1,47	1,06	20,47	5,72	28,72	*	*	28,72	8,30
T ₁₀ = A ₄ N ₁ Água de Abastecimento sem fertilizante 100% AD		7,26	0,211	1,10	1,13	5,66	3,38	11,27	1,52	*	12,79	0,40
T ₁₁ = A ₄ N ₂ Água de Abastecimento sem fertilizante 80% AD		7,44	0,318	1,38	1,19	8,76	3,25	24,37	*	*	24,37	0,90
T ₁₂ = A ₄ N ₃ Água de Abastecimento sem fertilizante 70% AD		7,56	0,328	1,40	1,38	8,77	3,38	14,93	*	*	14,93	0,90
T ₁₃ = AF ₄ N ₁ Água de Abastecimento com NPK na fundação 100% AD		7,10	0,187	1,09	1,38	4,66	2,86	9,99	1,55	*	11,54	12,60
T ₁₄ = AF ₄ N ₂ Água de Abastecimento com NPK na fundação 80% AD		6,81	0,331	1,38	0,72	3,48	2,73	8,31	1,78	0,06	10,15	11,80
T ₁₅ = AF ₄ N ₃ Água de Abastecimento com NPK na fundação 70% AD		6,68	0,290	1,27	0,89	7,92	2,73	12,81	1,44	*	14,25	21,10

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/UFMG), S - Soma de bases trocáveis do solo, T - S+ H +Al = Total da Soma de bases trocáveis do solo, H - Hidrogênio mais Alumínio. Níveis de água disponível N₁ = 100%; N₂ = 80%; N₃ = 70%

4.3. Variáveis Agrometeorológicas

O ambiente protegido mostra-se viável para o crescimento e desenvolvimento de culturas frente às adversidades climáticas, principalmente em períodos em que as variáveis agrometeorológicas atingem valores extremos. Apesar de inúmeras vantagens como proteção da cultura à chuva, insetos, menor velocidade do vento e radiação solar difusa mais elevada, o ambiente protegido apresentou elevadas temperaturas do ar na casa de vegetação, quando comparadas com valores de temperatura do ar fora do ambiente protegido, durante o ciclo da cultura da mamona chegando até 26,8 e 24,4 °C durante o dia na casa de vegetação e fora dela, respectivamente. A amplitude da variação da temperatura do ar na casa de vegetação foi de 2,7 °C, enquanto fora da casa de vegetação foi 2,8 °C (Figura 9).

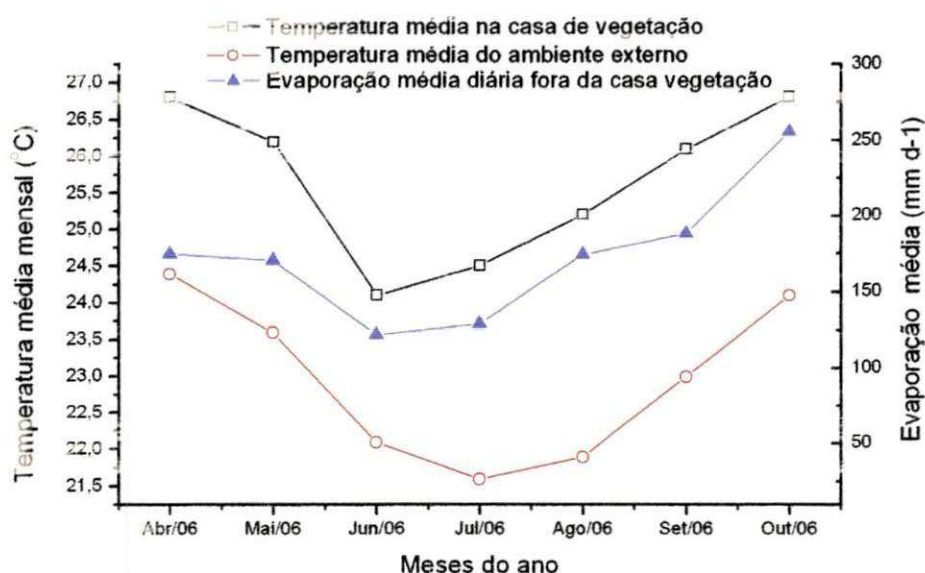


Figura 9. Temperatura e evaporação do Tanque Classe A média, dentro e fora do ambiente protegido durante o ciclo da cultura

Verifica-se na Figura 9 que os valores médios de evaporação do Tanque Classe A apresentaram comportamento similar aos valores observados de temperatura do ar. Pizarro (1997) relata que o valor médio da temperatura mínima do ar no interior de estufas cobertas com polietileno de baixa densidade tende a ser igual, ou ligeiramente superior quando comparada ao ambiente externo.

Na Figura 10 observa-se os períodos do cultivo da mamoneira, com valores médios de umidade relativa do ar ao longo do ciclo da planta da mamoneira, dentro e fora da

casa de vegetação, e a variação da evaporação do tanque Classe A fora da estufa. A umidade relativa média mensal máxima e mínima, dentro da casa de vegetação durante todo o ciclo, foi de aproximadamente 71 e 83%, respectivamente.

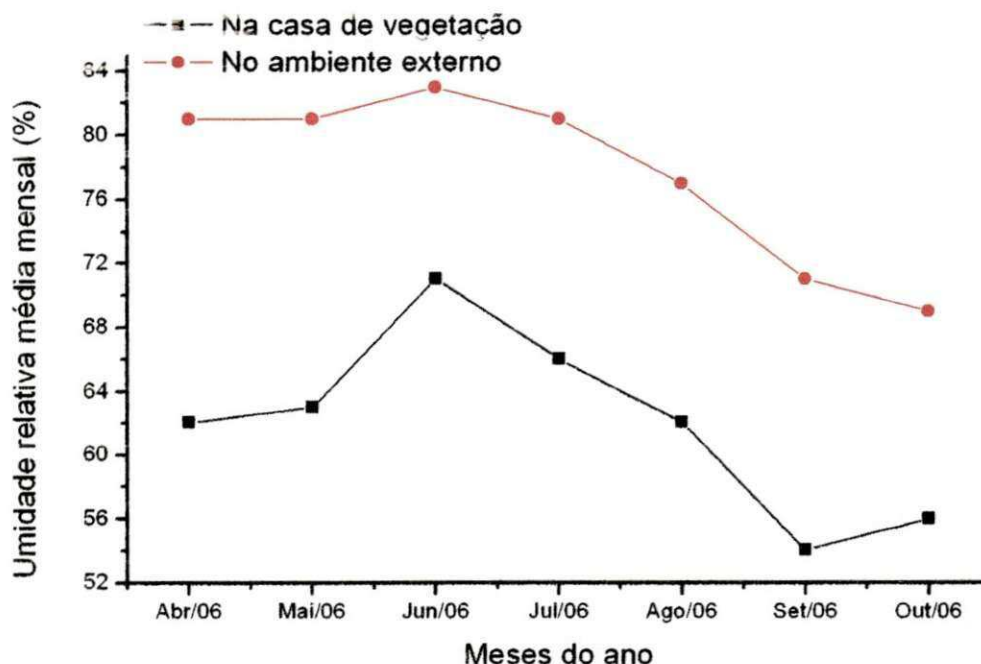


Figura 10. Umidade relativa média mensal do ar, dentro e fora do ambiente protegido durante o ciclo da cultura

Podemos observar que os resultados da umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura do ar. Isso mostra que os valores médios mensais da umidade relativa do ar no interior da estufa estiveram relacionados aos valores de temperatura do ar, concordando com Santos (2001) e Prados (1996). Durante os meses com valores de temperaturas do ar mais elevadas e umidades relativas baixas, houve tendência de aumentar a evaporação, bem como nos dias de valores de temperatura do ar menores e umidade relativa do ar elevada, ocorreram reduções.

4.4. Volume de Água Aplicado

Os volumes de água aplicados por meio da irrigação em cada tratamento e do experimento, bem como o volume de água total e o número de irrigações, encontram-se na Tabela 11. Os volumes de água aplicados por meio da irrigação desde o início do experimento (15 DAS) até o seu final (135 DAS) tiveram acentuada variação.

Tabela 11. Volume total de água aplicado durante o experimento e total de irrigação
EMBRAPA/ALGODAO Campina Grande-PB, 2000

Tratamentos.	Tipos água (A)	Fator (N %)	Bloco	VAP	Total de irrigação
T1	A ₁ -IPELSA	100	1	93,59	87
T1	A ₁ - IPELSA	100	2	45,54	75
T1	A ₁ - IPELSA	100	3	39,79	69
T2	A ₁ - IPELSA	80	1	36,93	71
T2	A ₁ - IPELSA	80	2	70,98	85
T2	A ₁ - IPELSA	80	3	21,63	50
T3	A ₁ - IPELSA	70	1	18,05	51
T3	A ₁ - IPELSA	70	2	19,95	62
T3	A ₁ - IPELSA	70	3	18,32	63
T4	A ₂ - COTEMINAS	100	1	145,64	84
T4	A ₂ - COTEMINAS	100	2	181,33	82
T4	A ₂ - COTEMINAS	100	3	138,86	81
T5	A ₂ - COTEMINAS	80	1	101,84	76
T5	A ₂ - COTEMINAS	80	2	133,77	76
T5	A ₂ - COTEMINAS	80	3	89,54	76
T6	A ₂ - COTEMINAS	70	1	85,65	79
T6	A ₂ - COTEMINAS	70	2	72,17	69
T6	A ₂ - COTEMINAS	70	3	56,96	75
T7	A ₃ - LEBOM	100	1	85,62	83
T7	A ₃ - LEBOM	100	2	84,37	71
T7	A ₃ - LEBOM	100	3	88,12	86
T8	A ₃ - LEBOM	80	1	89,32	89
T8	A ₃ - LEBOM	80	2	55,55	70
T8	A ₃ - LEBOM	80	3	51,49	59
T9	A ₃ - LEBOM	70	1	36,00	63
T9	A ₃ - LEBOM	70	2	34,34	61
T9	A ₃ - LEBOM	70	3	32,45	55
T10	A ₄ - água de abastecimento	100	1	37,67	86
T10	A ₄ - água de abastecimento	100	2	50,43	85
T10	A ₄ - água de abastecimento	100	3	41,89	84
T11	A ₄ - água de abastecimento	80	1	22,11	72
T11	A ₄ - água de abastecimento	80	2	20,98	48
T11	A ₄ - água de abastecimento	80	3	29,22	73
T12	A ₄ - água de abastecimento	70	1	19,08	53
T12	A ₄ - água de abastecimento	70	2	14,10	50
T12	A ₄ - água de abastecimento	70	3	11,86	36
T13	AF ₄ - Água de Abast.com NPK na fundação	100	1	56,37	87
T13	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	100	2	38,99	85
T13	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	100	3	38,45	83
T14	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	80	1	21,29	57
T14	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	80	2	27,87	68
T14	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	80	3	31,41	78
T15	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	70	1	15,01	47
T15	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	70	2	22,81	60
T15	AF ₄ - Água de Abast. com NPK na fundação	70	3	21,03	65

AF₄= Água de Abastecimento com NPK na fundação (testemunha); N₁ = 100%; N₂ = 80%; N₃ = 70% níveis de água disponível no solo; VAP = Volume de água aplicado

Na Figura 11 se encontra o comportamento do volume total de água aplicado no experimento durante todo ciclo da cultura da mamona para os quinze tratamentos; nota-se que os menores volumes de água foram aplicados quando a cultura da mamona foi submetida aos tratamentos A₄N₃ (Água de abastecimento sem fertilizante 45,04 L), A₁N₃ (IPELSA 56,32 L) e A₄ N₂ (Água de abastecimento sem fertilizante 72,31 L), possivelmente as plantas nestes tratamentos não se desenvolveram, porém a sua necessidade hídrica foi baixa. Observa-se também na Figura 11 que os maiores volumes de água aplicado foram nos tratamentos A₂ N₁ (COTEMINAS 100% 465,83 L), A₂ N₂ (COTEMINAS 80% 325,15 L) e A₃ N₁ (LEBOM 100% 254,36 L) verificou-se que estes tratamentos foram os que mais se desenvolveram, com isso a planta requereu maior volume de água devido às perdas por evapotranspiração e pela a necessidade hídrica da planta.

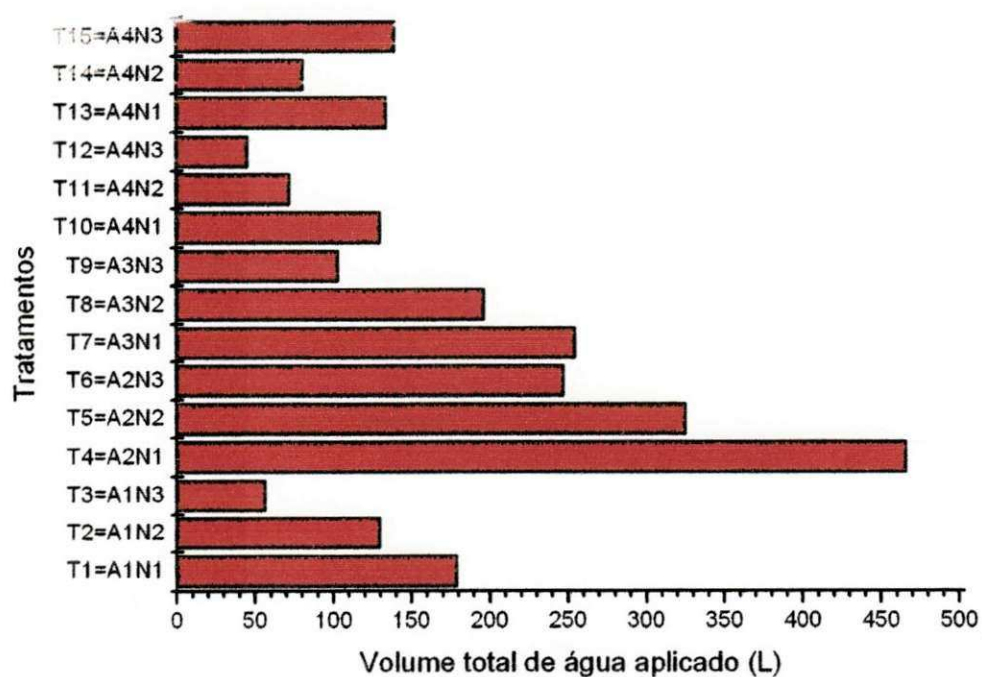


Figura 11. Volume total de água aplicada para cada tratamento do experimento

4.5. Variáveis de Crescimento

4.5.1. Altura da planta

Na Tabela 12. encontram-se respectivamente. o resumo das análises de variância referente à variável altura da planta (AP) aos 15, 45, 60, 75, 120 e 135 dias após semeadura (DAS) da mamoneira.

Pelos resultados encontrados na Tabela 12 nota-se houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para as interações tipos de água e níveis de água disponível no solo (A x N) e entre os tratamentos, porém para os fatores tipo de água (A), níveis de água disponível no solo (N), contraste fatorial versus testemunhas e entre os blocos não houve efeito significativo nos 15 DAS na altura da planta da mamoneira.

Analisando a Tabela 12 verifica-se que para aos 45, 60, 75, 120 DAS houve diferença significativa em nível de 1% de probabilidade para todas as variáveis estudadas com exceção entre os blocos que não houve efeito significativo.

Aos 135 DAS à altura das plantas da mamoneira apresentou efeito significativo em nível de 1% de probabilidade nos fatores tipo de água (A), níveis de água disponível no solo (N) e entre os tratamentos. Não houve efeito significativo nas interações tipos de água e níveis de água disponível no solo (A x N), no contraste fatorial versus testemunha e nem entre os blocos.

Tabela 12. Análise de variância da variável altura da planta (cm) ao longo do cultivo da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)					
		Dias Após a Semeadura					
		15 ⁽¹⁾	45	60	75	120	135
Tipos de água (A)	3	1,89 ns	448,56 **	1105,21 **	1267,21 **	2207,66 **	1820,82 **
Níveis de água (N)	2	4,94 ns	98,89 **	325,99 **	363,44 **	600,00 **	330,77 **
A x N	6	13,98 **	41,41 **	102,53 **	57,52 **	71,02 **	46,17 ns
Fatorial vs. Testemunha	3	165,647 **	50,25 **	50,16 **	82,26 **	66,76 **	44,77 ns
Tratamentos	14	42,60 ns	138,76 **	338,08 **	365,74 **	603,53 **	466,81 **
Blocos	2	4,41 ns	5,24 ns	5,79 ns	6,10 ns	2,07 ns	29,60 ns
Resíduo	28	3,57	10,14	7,99	8,97	5,78	42,69
Total corrigido	44						
CV (%)		15,30	16,16	11,92	11,77	7,55	21,18
Média geral (cm)		12,34	19,70	23,72	25,45	31,84	30,85

GL – grau de liberdade; ns - não significativo, * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.
CV = coeficiente de variância; ⁽¹⁾ 15 DAS água de abastecimento sem fertilizante

4.5.2. Diâmetro caulinar

Observa-se na Tabela 13 o resumo das análises de variância e os valores médios para os tipos de águas (A), níveis da água disponível no solo (N) e coeficiente de variação para o diâmetro caulinar aos 15, 45, 60, 75, 120 e 135 dias após a semeadura (DAS) da mamoneira.

De acordo com os resultados da ANOVA Tabela 13 aos 15 DAS não ocorreram efeito significativo nos fatores, tipo de água de abastecimento (A), níveis de água disponível no solo (N) como também na interação (A x N), enquanto que no fatorial versus testemunha o efeito significativo foi em nível de 5% de probabilidade e entre as testemunhas a diferença foi significativa em nível de 1%, já entre os blocos não houve efeito significativo.

Aos 45 e 60 DAS, porém houve diferença significativa em nível de 1% de probabilidade para os fatores: tipos de água (A), níveis de água disponível no solo (N), para as interações tipos de água e níveis de água disponível no solo (A x N), entre o fatorial versus testemunhas, entre os tratamentos. Enquanto que nos blocos não houve diferença. (Tabela 13).

Observando a Tabela 13 verifica-se que aos 75 DAS o efeito significativo se deu em nível de 1% de probabilidade para os seguintes fatores, tipos de água (A), níveis de água disponível no solo (N) e entre os tratamentos. Já no fatorial versus testemunhas a diferença foi em nível de 5% de probabilidade. Nas interações tipos de água e níveis de água disponível no solo e entre os blocos não houve efeito significativo sobre o diâmetro caulinar.

Verifica-se aos 120 DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para todos os fatores com exceção para os blocos que não houve efeito significativo.

Observando os resultados da ANOVA Tabela 13 aos 135 DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para os seguintes fatores, tipos de água (A), níveis de água disponível no solo (N) e entre os tratamentos. Porém não houve efeito significativo entre as interações tipos de água (A), níveis de água disponível no solo (N) como também entre os blocos.

Tabela 13. Análise de variância da variável diâmetro caulinar (cm) ao longo do cultivo da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)					
		Dias Após a Semeadura					
		15 ⁽¹⁾	45	60	75	120	135
Tipos de Água (A)	3	0,00004 ns	469,98 **	596,85 **	592,63 **	730,87 **	926,71 **
Níveis de água (N)	2	0,000003 ns	45,66 **	212,23 **	99,11 **	109,13 **	292,46 **
A x N	6	0,00004 ns	16,80 **	45,56 **	26,25 ns	14,43 **	82,75 ns
Fatorial vs. Testemunha	3	0,0013 *	42,83 **	16,44 **	45,54 *	1,55 **	17,04 ns
Tratamentos	14	0,0003 **	123,61 **	181,26 **	162,16 **	178,72 **	279,47 **
Blocos	2	0,00004 ns	12,50 ns	1,97 ns	27,78 ns	1,02 ns	29,16 ns
Resíduo	28	0,00005	3,89	2,34	14,89	3,20	36,90
Total corrigido	44						5004,24
CV (%)		12,36	28,76	17,30	42,81	14,95	50,97
Média geral (cm)		0,058	6,87	8,83	592,63 **	11,97	11,92

GL - grau de liberdade; ns - não significativo, * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.
 CV = coeficiente de variância; ⁽¹⁾ 15 DAS água de abastecimento sem fertilizante

4.5.3. Área foliar total

Na Tabela 14, encontra-se o resumo das análises de variância referente à área foliar total da planta aos 15, 45, 60, 75, 120 e 135 dias após a semeadura (DAS) da mamoneira.

De acordo com os resultados da ANOVA Tabela 14 aos 15 DAS, verifica-se que houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para os fatores tipo água (A), fatorial versus testemunhas e entre os tratamentos, enquanto que nos fatores níveis de água disponível no solo (N), interação tipos de água e níveis de água disponível no solo (A x N) e entre os blocos não houve efeito significativo.

Verificando-se a análise de variância na Tabela 14 aos 45, 60, 75 DAS à área foliar total da mamoneira sofreu efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para os fatores tipos de água (A), níveis de água disponível no solo (N), entre as interações tipos de água e níveis de água disponível no solo (A x N) e para o contraste fatorial versus testemunha. Já entre os blocos não houve efeito significativo.

Aos 120 DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para todas as variáveis, com exceção para os blocos que houve um efeito significativo a nível de 5% de probabilidade.

De acordo com ANOVA Tabela 14, observa-se que aos 135 DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para os fatores; tipo de água (A), níveis de água disponível no solo (N) e fatorial versus testemunha, porém na interação tipos de água, níveis de água disponível no solo (A x N), como também nos tratamentos houve efeito significativo em nível de 5% de probabilidade. Enquanto que para os blocos não houve efeito significativo.

Tabela 14. Análise de variância da variável Área foliar total (cm²) ao longo do cultivo da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)					
		Dias Após a Semeadura					
		15 ⁽¹⁾	45	60	75	120	135
Tipos de Água (A)	3	80.233,73 **	36.935.954,03 **	40.318.688,23 **	50.109.756,64 **	83.872.552,24 **	64.234.865,28 **
Níveis de água (N)	2	2.902,78 ns	14.150.537,00 **	17.563.789,60 **	18.882.585,70 **	11.656.597,27 **	6.784.444,09 **
A x N	6	2.321,41 ns	4.930.530,13 **	3.759.680,14 **	3.850.068,91 **	2.767.285,34 **	1.546.206,03 *
Fatorial vs. Testemunha.	3	101.256,07 **	4.088.943,755 **	7.741.267,44 **	10.144.847,54 **	15.239.838,78 **	11.894.889,02 **
Tratamentos	14	40.300,21 **	12.925.639,15 **	14.418.966,22 **	17.259.242,59 **	24.089.577,12 **	17.945.384,81 *
Blocos	2	4.389,24 ns	180.355,35 ns	465.580,51 ns	732.890,96 ns	727.628,42 *	1.062.089,89 ns
Resíduo	28	4.024,00	378.276,49	428.124,93	747.652,54	172.831,31	460.603,89
Total corrigido	44						
CV (%)		35,46	37,80	36,28	43,51	18,19	32,48
Média geral (cm)		178,88	1.627,24	1.803,58	1.987,46	2.285,99	2.089,36

GL – grau de liberdade; ns – não significativo, * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.
CV = coeficiente de variância; ⁽¹⁾ 15 DAS água de abastecimento sem fertilizante

Observa-se por meio da Tabela 15 que as variáveis altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AFT) apresentaram melhores resultados de crescimento quando submetida água residuária tratada A₂ (COTEMINAS), esse resultado pode ser explicado provavelmente ao conteúdo em nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes e pelo seu elevado teor em matéria orgânica, cujos efeitos no solo se fazem sentir em longo prazo, melhorando sua resistência à erosão e à seca, ativando a vida microbológica do solo e possivelmente aumentando a resistência das plantas, aos 15, 45, 60, 75, 120 e 135 dias após o semeadura (DAS).

Tabela 15. Valores médios dos dados de altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e Área foliar total (AFT) da mamoneira, submetido aos diferentes tipos de água e as testemunhas

Tratamentos	variáveis de crescimento		
	AP (cm)	DC (cm)	AFT (cm ²)
		15 DAS	
A ₁ IPELSA	10,59 a	0,055 a	104,93 a
A ₂ COTEMINAS	11,43 a	0,055 a	277,83 b
A ₃ LEBOM	10,47 a	0,051 a	96,93 a
A ₄ Água de abastecimento	10,51 a	0,052 a	71,58 a
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	18,70 b	0,08 b	343,15 b
		45 DAS	
A ₁ IPELSA	15,02 a	0,70 a	654,78 a
A ₂ COTEMINAS	28,34 c	15,55 c	4.678,36 c
A ₃ LEBOM	19,96 b	8,96 b	2.055,54 b
A ₄ Água de abastecimento	12,25 a	0,59 a	162,62 a
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	22,92 b	8,52 b	584,92 a
		60 DAS	
A ₁ IPELSA	17,89 b	4,20 b	857,97 a
A ₂ COTEMINAS	37,78 d	19,33 d	4.886,57 c
A ₃ LEBOM	25,00 c	9,28 c	2.740,00 b
A ₄ Água de abastecimento	12,04 a	0,59 a	166,57 a
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	25,89 e	10,78 c	366,81 a
		75 DAS	
A ₁ IPELSA	18,66 b	5,21 a	958,62 a
A ₂ COTEMINAS	40,44 d	19,22 c	5.415,29 c
A ₃ LEBOM	28,22 c	11,89 b	3.073,92 b
A ₄ Água de abastecimento	13,44 a	0,60 a	146,21 a
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	26,50 c	18,14 c	343,27 a
		120 DAS	
A ₁ IPELSA	23,88 b	9,39 b	748,48 b
A ₂ COTEMINAS	49,77 d	20,89 d	6.824,75 d
A ₃ LEBOM	41,44 c	17,44 c	3.455,19 c
A ₄ Água de abastecimento	15,66 a	0,67 a	131,42 a
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	28,44 b	11,44 b	270,10 a
		135 DAS	
A ₁ IPELSA	23,94 a	7,38 a	756,03 a
A ₂ COTEMINAS	45,55 b	23,33 b	6.004,47c
A ₃ LEBOM	41,22 b	17,56 b	3.234,40 b
A ₄ Água de abastecimento	15,44 a	0,66 a	143,23 a
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	28,11 a	10,66 a	30967 a

AF₄ (Água de Abastecimento com NPK na fundação), as médias seguida da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a nível de 1% e 5% de probabilidade no Teste de Tukey

Com relação aos diferentes níveis de água disponível no solo os melhores resultados foram observados para todas variáveis, altura da planta (AP), diâmetro caular (DC) e área foliar (AF) de crescimento da mamoneira, quando submetido aos tratamentos $N_1 = 100$, porém dos 15 aos 45 DAS não houver significativa entre si, com exceção da AFT. Os menores resultado apresentados das três variáveis analisadas foram constatadas na presença do tratamento de menores níveis de água disponível no solo ($N_3 = 70\%$) aos 45, 60, 75, 120 e 135 dias após a semeadura (DAS), com exceção aos 15 DAS em que os maiores e menores valores médios de DC e AFT ocorrem quando submetidos aos tratamentos N_2 e N_3 , respectivamente (Tabela 16).

Tabela 16. Valores médios dos dados de altura da planta (AP), diâmetro caular (DC) e Área foliar total (AFT) da mamoneira submetido aos diferentes níveis de água disponível no solo

Tratamentos	Variáveis de crescimento		
	AP (cm)	DC (cm)	AFT (cm ²)
		15 DAS	
$N_1 = 100\%$	11,42 a	0,053 a	121,29 a
$N_2 = 80\%$	10,15 a	0,054 a	139,99 a
$N_3 = 70\%$	10,67 a	0,053 a	152,16 a
		45 DAS	
$N_1 = 100\%$	21,67 b	8,08 b	3.016,65 c
$N_2 = 80\%$	19,07 b	6,98 b	1.796,18 b
$N_3 = 70\%$	15,94 a	4,29 a	850,63 a
		60 DAS	
$N_1 = 100\%$	28,50 c	12,23 c	3366,58 c
$N_2 = 80\%$	22,95 b	8,93 b	21,74 b
$N_3 = 70\%$	18,08 a	3,88 a	947,05
		75 DAS	
$N_1 = 100\%$	30,58 c	11,86 b	3.649,07 c
$N_2 = 80\%$	25,42 b	9,66 ab	2.406,18 b
$N_3 = 70\%$	19,58 a	6,167 a	1.140,28 a
		120 DAS	
$N_1 = 100\%$	39,96 c	14,85 c	3.746,77 c
$N_2 = 80\%$	32,29 b	12,57 b	2.845,19 b
$N_3 = 70\%$	25,83 a	8,87 a	1.777,92 a
		135 DAS	
$N_1 = 100\%$	36,50 b	17,67 b	3.314,98 b
$N_2 = 80\%$	32,08 ab	10,98 ab	2.473,77 a
$N_3 = 70\%$	26,04 a	8,04 a	1.814,84 a

As médias seguida da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a nível de 1% e 5% de probabilidade no Teste de Tukey

Utilizou-se a regressão para analisar tendências e comportamentos dos valores médios de altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e, área foliar total (AFT) da mamoneira para o período total de 135 DAS, em condição de casa de vegetação na presença dos diferentes níveis de água disponível no solo (N). Conforme a Figura 12 verifica-se que todos os valores médios das variáveis relacionadas com o crescimento apresentaram altos coeficientes de determinação (R^2) com ajuste da equação do modelo polinomial de segundo grau para todas as variáveis de crescimento estudadas, apresentando tendência de crescer e decrescer.

Ao se comparar, na Tabela 16, os tipos de água (A) dentro de todos os níveis de água disponível no solo (N) ao final do ciclo da planta da mamoneira (135 DAS), observou-se que os melhores resultados ocorreram na interação $A_2 \times N_1$ (COTEMINAS 100%) em todas as variáveis relacionadas ao crescimento da planta, altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar total (AFT); nota-se, que os melhores resultados dos valores médios das variáveis de crescimento quando se analisa o desdobramento do fator níveis de água disponível do solo (N) dentro de cada de tipo de água (A) foram obtidos para a água A_2 (COTEMINAS).

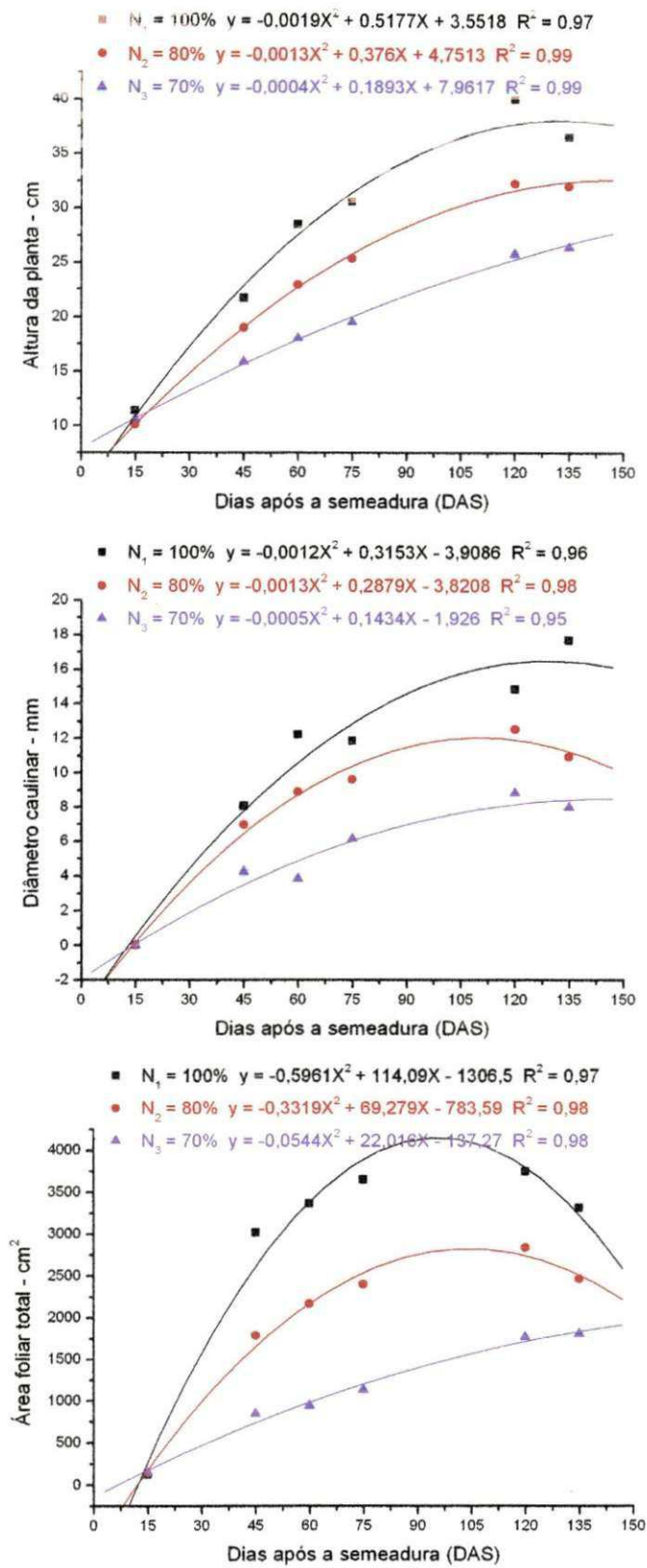


Figura 12. Valores médios dos dados altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e Área foliar total (AFT) ao longo do cultivo da mamoneira com indicação dos ajustes de regressão para todos os níveis de água disponível no solo (N)



Na Tabela 17 ao comparar os tipos de água (A) dentro de todos os níveis de água disponível no solo (N) ao final do ciclo da planta da mamoneira (135 DAS), observou-se que os menores resultados ocorreram na interação A₂ x N₁ (COTEMINAS 100%) em todas as variáveis relacionadas com o crescimento da planta, altura de planta (AP), diâmetro caular (DC) e área foliar total (AFT). Nota-se também, pela Tabela 16, que os melhores resultados dos valores médios das variáveis de crescimento quando se analisa o desdobramento do fator níveis de água disponível do solo (N) dentro de cada de tipo de água (A) foram obtidos para a água A₂ (COTEMINAS).

Tabela 17. Valores médios das interações significativas referente à altura da planta (AP), diâmetro caular (DC) e área foliar total (AFT) da mamoneira, submetida a diferentes tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (N) ao final dos 135 DAS

Tipos de águas	Níveis de água disponível no solo		
	N ₁ = 100%	N ₂ = 80%	N ₃ = 70%
	Altura da planta (cm)		
A ₁ IPELSA	30,66 a A	13,50 a A	17,66 a A
A ₂ COTEMINAS	49,33 b A	48,00 b A	39,33 b A
A ₃ LEBOM	49,00 b B	43,33 b AB	31,33 ab A
A ₄ Água de Abastecimento	17,00 a A	13,50 a A	15,83 a A
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	25,00 a A	30 a A	28,66 ab A
		Diâmetro caular (mm)	
A ₁ IPELSA	13,00 ab A	8,30 ab A	0,83 a A
A ₂ COTEMINAS	25,66 c B	20,50 c A	16,33 b A
A ₃ LEBOM	20,33 b A	18,00 b A	14,33 ab A
A ₄ ÁGUA DE ABASTECIMENTO	0,70 a A	0,63 a A	0,66 a A
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	11,93 ab A	11,66 ab A	12,33 ab A
		Área foliar total (cm ²)	
A ₁ IPELSA	1.189,16 a A	760,71 a A	318,24 a A
A ₂ COTEMINAS	8.787,12 c B	7.079,35 c B	4.446,93 c A
A ₃ LEBOM	4.135,64 a A	3.209,95 b AB	2.357,61 b A
A ₄ ÁGUA DE ABASTECIMENTO	148,02 a A	145,08 a A	136,61 a A
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	338,31 a A	331,83 a A	255,87 a A

AF₄ Água de Abastecimento com NPK na fundação. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha (dentro dos diferentes tipos de água), e maiúscula na coluna (dentro dos percentuais de umidade) não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade

Verifica-se nas Figura 13A, que os maiores valores médios das interações entre os fatores analisados tipos de água e níveis de água disponível no solo ($A \times N$) e as testemunhas para as variáveis, altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar total (AFT) em função dos dias após a semeadura (DAS), ocorreram entre 75 e 120 DAS.

Na Figura 13A, observa-se que as plantas que exibiram maiores valores médios de altura da planta foram aquelas irrigadas com água residuária tratada do tipo $A_2 \times N_1$ (COTEMINAS) com os níveis de água disponível no solo (100%) e N_2 (80%), ou seja, nas interações $A_2 \times N_1$ (COTEMINAS 100%) e $A_2 \times N_2$ (COTEMINAS 80%). Pode-se notar na Figura 13A que em geral as plantas da mamoneira quando submetidas água de abastecimento sem fertilizante mineral nos três níveis de água disponível no solo apresentaram os menores valores médios das características de altura da planta (AP).

Nas Figura 13B e 13C, observa-se que as plantas que exibiram maiores valores médios de diâmetro caulinar (DC) e área foliar total (AFT) foram aquelas irrigadas com água residuária tratada do tipo A_2 (COTEMINAS) e com níveis de água disponível no solo N_1 (100%), e N_2 (80%), ou seja, as interações $A_2 \times N_1$ e $A_2 \times N_2$, e em geral observa-se que a planta da mamoneira quando submetida às interações $A_4 \times N_1$, $A_4 \times N_2$ e $A_4 \times N_3$ (água de abastecimento sem fertilizante) os valores médios das variáveis, diâmetro caulinar (DC) e área foliar total (AFT) foram menores quando submetidos às três testemunhas.

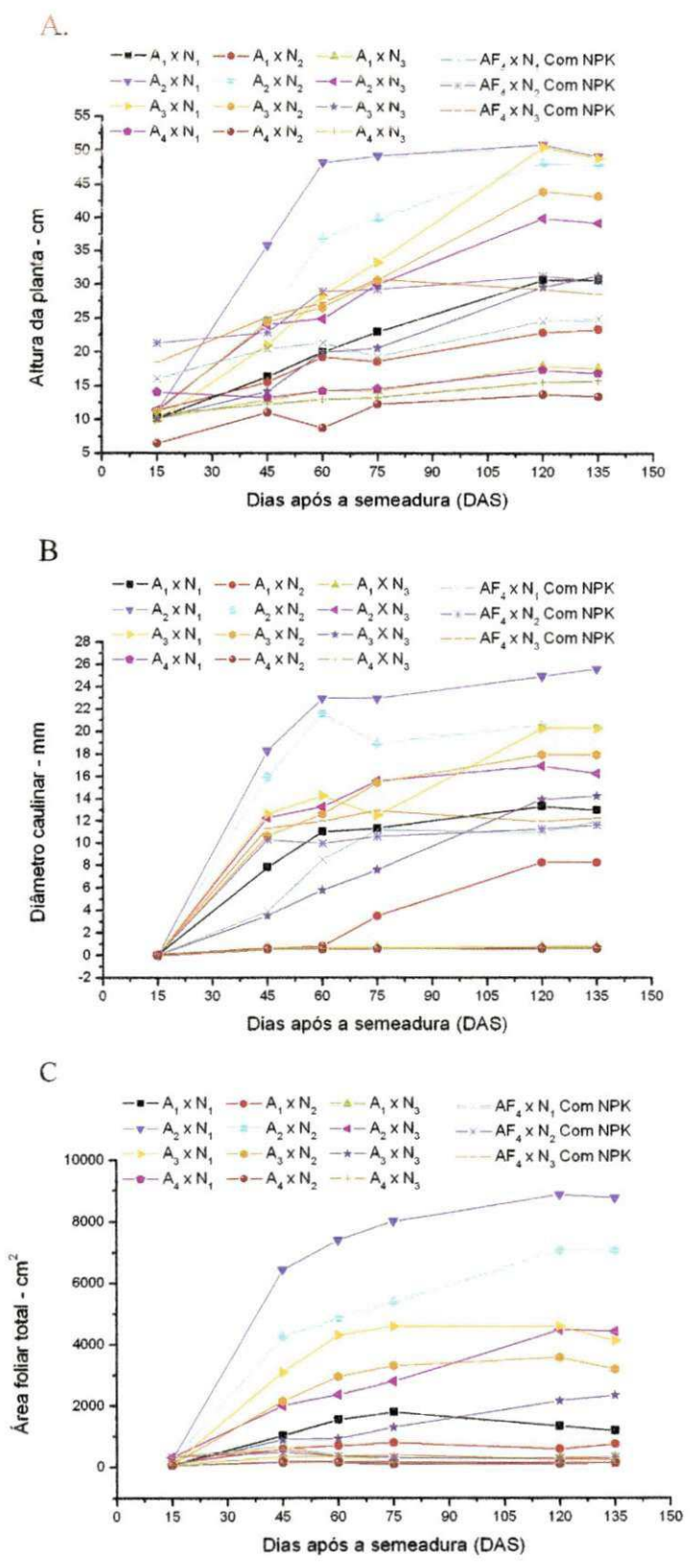


Figura 13. Valores médios da altura da planta (A), diâmetro caulinar (B) e da área foliar total (C) ao longo do cultivo da mamoneira, para as interações fatores analisados (A x N) e as testemunhas

4.6. Variáveis de Produção e Fitomassa

Observa-se na Tabela 18 o resumo da análise de variância e os valores médios para referentes ao número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC), da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos, avaliados aos 135 dias após a semeadura (DAS).

De acordo com os resultados da ANOVA na Tabela 18 pode-se notar que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para todos os fatores estudados da variável número de frutos por planta (NF) com exceção para os blocos onde não houve efeito significativo.

Através das análises de variância Tabela 18 verifica-se para a variável peso seco das folhas (PSF) que houve efeito significativo a nível de 1% de probabilidade nos fatores tipo de água (A), níveis de água disponível no solo (N), entre as interações tipos de água e níveis de água admissível no solo (A x N) e no contraste fatorial versus testemunha. Porém não houve efeito significativo entre os blocos.

Também observa-se através dos resultados da Tabela 18, que para a variável peso seco do caule (PSC) houve efeito significativo em nível 1% probabilidade para tipo de água (A), níveis de água disponível no solo (N), entre as interações tipos de água e níveis de água admissível no solo (A x N), no contraste fatorial versus testemunha. No entanto, para o fator bloco não houve efeito significativo.

Os coeficientes de variação foram considerados adequados para todas as variáveis, número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC), dessa forma indicando uma boa precisão experimental (GOMES, 1990).

Tabela 18. Análise de variância das variáveis números de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC), da mamoneira submetida aos diferentes tratamentos aos 135 dias após a semeadura (DAS)

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)		
		NF	PSF	PSC
Tipos de Água (A)	3	2.275,37 **	4.705,49 **	774,77 **
Níveis de água (N)	2	699,69 **	1.575,80 **	130,62 **
A x N	6	187,17 **	412,50 **	24,52 *
Fatorial vs. Testemunha	3	381,69 **	663,84 **	74,82 **
Tratamentos	14	749,54 **	1.552,47 **	211,22 **
Blocos	2	28,02 ns	48,91 ns	0,59 ns
Resíduo	28	8,06	20,32	6,48
Total corrigido	44	1.0775,64	22.401,35	3.139,66
CV (%)		28,16	21,53	30,30
Média geral (g)		10,08	20,94	8,40

GL – grau de liberdade; ns - não significativo, * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Na Tabela 19 verifica-se pela análise comparativa das médias através do teste Tukey, que as variáveis de produção e de fitomassa, número de frutos por planta (NF), peso seco das roíhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) apresentaram melhores resultados quando submetidas ao tipo de água A₂ (COTEMINAS) seguida da A₃ (LEBOM), com menores valores quando irrigada a mamona com a água A₁ (IPELSA). Com relação aos níveis de água disponível no solo (N), os melhores resultados foram observados para todas as variáveis quando submeteu-se ao fator N₁ = 100%.

Tabela 19. Valores médios dos dados do número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira submetida aos diferentes tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (N) ao final do cultivo

Fatores	Variáveis de produção		
	NF	PSF	PSC
Tipos Água			
A ₁ IPELSA	1,33 a	9,90 b	3,21 a
A ₂ COTEMINAS	34,22 c	53,21 d	20,57 c
A ₃ LEBOM	14,88 b	31,41 c	13,63 b
A ₄ Água Abastecimento	0,00 a	2,51 a	0,61 a
Níveis de água (N)			
N ₁ = 100%	20,00 c	36,62 c	12,30 b
N ₂ = 80%	13,08 b	22,117 b	9,89 b
N ₃ = 70%	4,75 a	13,99 a	6,03 a

As médias seguida da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a nível de 1 e 5% de probabilidade no Teste de Tukey

De acordo com os resultados do desdobramento, em componentes de regressão ao fator nível de água disponível no solo (N), houve efeitos diferentes ($P < 0.05$) sobre as variáveis, número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) aos 135 DAS da planta, ocorrendo para essas variáveis efeitos variando de linear a quadrático. Dentre os modelos significativos, se se optou pelo quadrático para as variáveis, número de frutos por planta (NF) e peso seco do caule (PSC) e linear para peso seco das folhas (PSF), por melhor se ajustar aos dados observados, ou seja, com maior coeficiente de determinação (R^2), como pode ser visualizado na Figura 16.

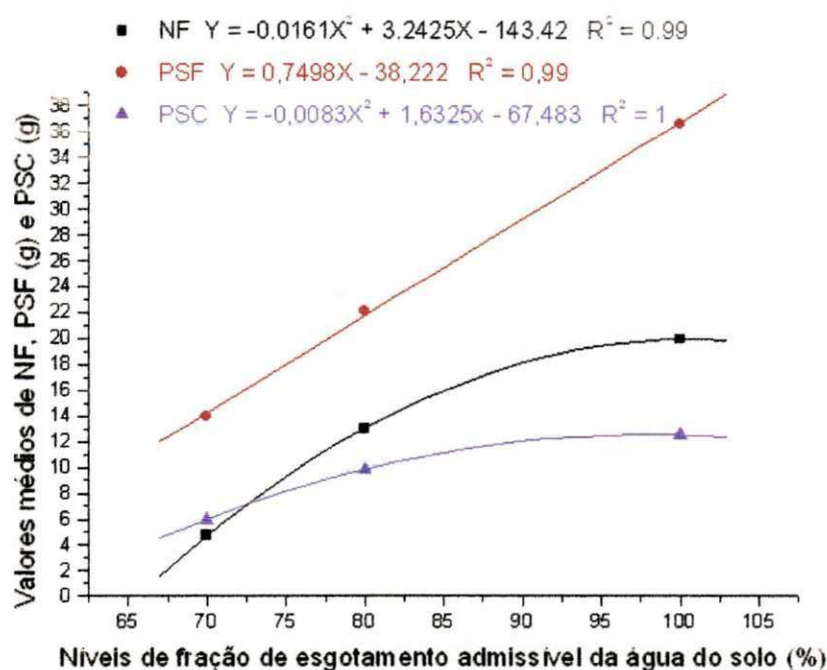


Figura 14. Valores médios dos dados do número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira com indicação dos ajustes de regressão para cada níveis de água disponível no solo (N)

Ao comparar os fatores tipos de águas (A) dentro de cada níveis de água disponível no solo (N) para as variáveis número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC), observou-se que o melhor resultado ocorreu na interação A₂ x N₁ (COTEMINAS 100%), seguindo de A₂ x N₂ (COTEMINAS 80%) embora verificou-se diferença significativa (p < 0,05) entre si. Constatou-se que os menores resultados ocorreram para as interações A₄ x N₃ (água de abastecimento 70%), porém não haja diferença significativa (p < 0,05) com relação as demais interações (A x N) (Tabela 20).

Tabela 20. Valores médios das interações significativas da análise de variância referente ao número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira, submetido diferentes tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (N) ao final do cultivo

Tipos de águas	Níveis de água disponível no solo		
	N ₁ = 100%	N ₂ = 80%	N ₃ = 70%
	Número de frutos por planta (NF)		
A ₁ IPELSA	4,00 a A	0,0 a A	0,0 a A
A ₂ COTEMINAS	49,33 c C	34,33 c B	19,0 b A
A ₃ LEBOM	26,67 b C	18,00 b B	0,0 a A
A ₄ Água Abastecimento	0,0 a A	0,0 a A	0,0 a A
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	0,0 a A	0,0 a A	0,0 a A
	Peso seco das folhas (PSF) – g		
A ₁ IPELSA	16,52 b B	8,70 a AB	4,49 a A
A ₂ COTEMINAS	83,57 d C	46,01 c B	30,05 c A
A ₃ LEBOM	43,26 c C	31,80 b B	19,16 b A
A ₄ Água Abastecimento	3,12 a A	2,17 a A	2,24 a A
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	7,78 a	8,51 a A	6,66 a A
	Peso seco do caule (PSC) – g		
A ₁ IPELSA	5,79 a A	2,55 a A	1,30 a A
A ₂ COTEMINAS	24,73 b B	21,25 b AB	15,75 b A
A ₃ LEBOM	19,22 b B	15,18 b B	6,50 a A
A ₄ Água Abastecimento	0,67 a A	0,57 a A	0,59 a A
AF ₄ Água de Abast. com NPK na fundação	3,01 a A	4,049 a A	4,42 a A

AF₄ = Água de Abastecimento com NPK na fundação Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha (dentro dos diferentes tipos de água) e maiúscula na coluna (dentro dos percentuais de umidade), não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade.

Verifica-se na Figura 17 que os maiores valores médios das interações entre os níveis dos fatores analisados (A x N) e as testemunhas para as variáveis, número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) aos 135 dias após a semeadura (DAS). Observa-se no geral que os valores médios para as três variáveis de produção e biomassa quando submetidos aos tratamentos testemunhas não houve diferença significativo a 5% e 1% de probabilidade estatística entre si.

Pode-se, notar pela Figura 17 quando se compara os valores médios para número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) do tratamento A₂ x N₁ (COTEMINAS 100%) que apresentou melhor resultado com os valores das mesmas variáveis quando submetidos aos tratamentos testemunhas constatou-se diferença significativo nos valores das variáveis de produção da planta da mamoneira.

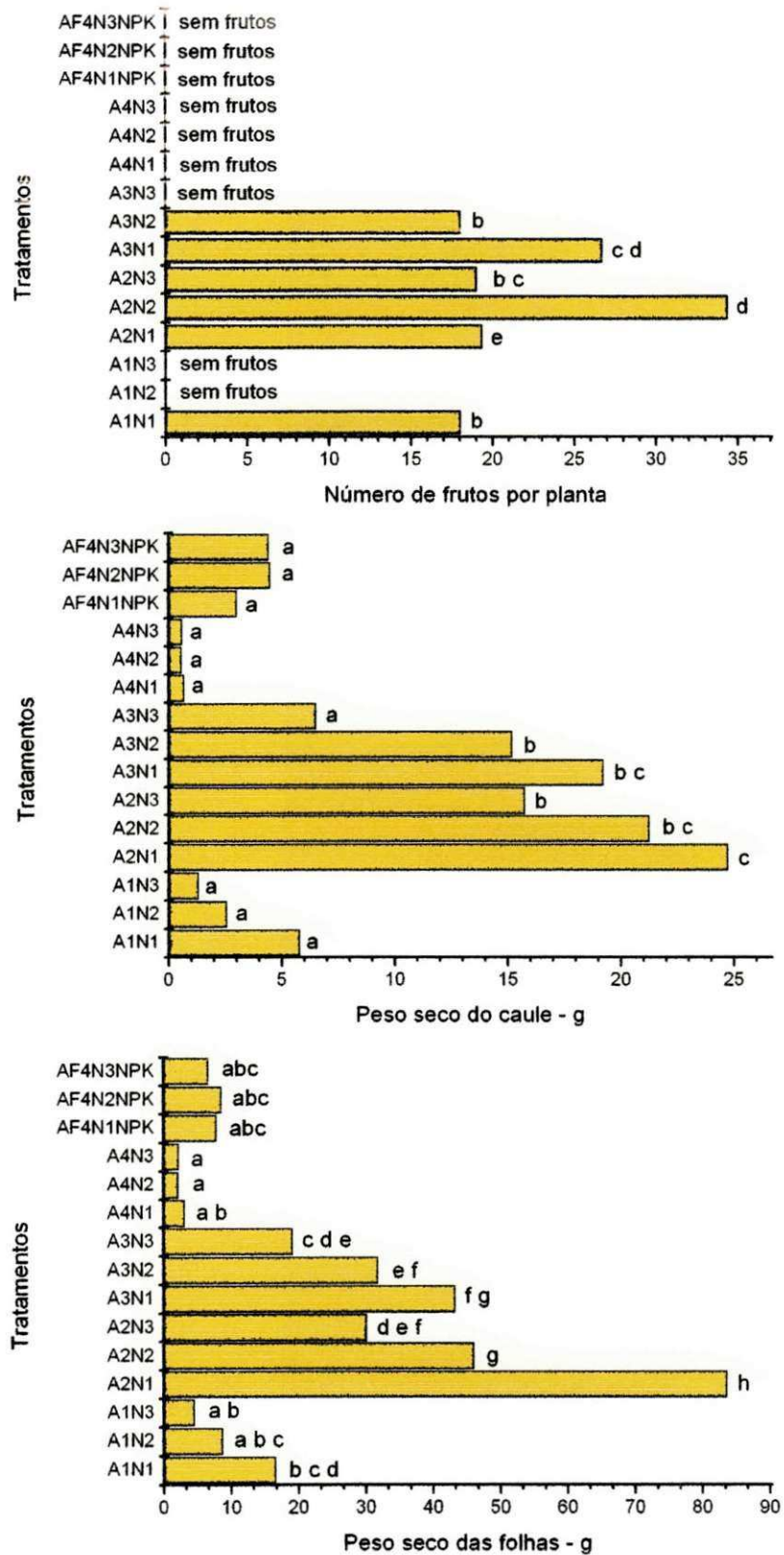


Figura 15 Valores médios da número de frutos por planta (NF), peso seco das folhas (PSF) e peso seco do caule (PSC) da mamoneira, para as interações entre os fatores analisados (A x N) verso as testemunhas ao final de 135 dias após a semeadura (DAS)

5.0. CONCLUSÕES

1. A mamoneira, cultivar BRS Nordestina, respondeu bem a irrigação com água residuária tratada, em especial da indústria COTEMINAS, a mais rica e equilibrada em nutrientes minerais entre as testadas (IPELSA E LEBOM), mesmo considerando o tratamento com água de abastecimento adubado com NPK, com decréscimo de 16% com relação à testemunha absoluta e de 9,7% com relação à testemunha com adubação inorgânica, média dos tratamentos nas condições hídricas (100%, 80% e 70% níveis de água disponível no solo). Com o uso de somente água de abastecimento, as plantas da mamoneira nem se quer iniciaram a floração, e ficaram raquíticas e desnutridas, com sintomas de deficiências de diversos nutrientes, em especial nitrogênio e enxofre.

2. A água residuária da COTEMINAS promoveu o maior crescimento e desenvolvimento das plantas além da produção de frutos, quando comparada às demais águas residuárias testadas, de indústrias distintas, com nuances de valores obtidos para as variáveis quantificadas (altura de planta, diâmetro caulinar e área foliar) quando comparada as demais.

3. Para as interações do fator água residuária tratada, COTEMINAS em relação à testemunha absoluta (água de abastecimento sem adubação NPK) quando combinadas com os três níveis de água disponível no solo ($N_1 = 100\%$; $N_2 = 80\%$ e $N_3 = 70\%$) verificou-se em média decréscimo de 66% considerando a altura das plantas, de 98% para o diâmetro caulinar e de 97% considerando a área foliar.

4. Para todas as variáveis estudadas (altura de plantas, diâmetro caulinar e área foliar em várias épocas), houve interações significativas entre os fatores estudados, denotando a interdependência entre o que foi refletido no crescimento e desenvolvimento das plantas).

6.0. RECOMENDAÇÕES

1. Para futuros estudos, recomendamos que sejam realizados experimentos em condições de campo, com outras cultivares mais modernas, como futura BRS Energia, de elevada precocidade, e a própria BRS Nordestina, a mais plantada no Nordeste do Brasil, considerando a água da COEMINAS e da LEBOM, envolvendo lâminas de água, turnos de rega e nutrientes minerais, como complemento ou não. Verificar os aspectos agrônomicos e econômicos.

7.0. BIBLIOGRAFIA

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAOQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M AL-HORANI, H. **Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan.** Agricultural Water Management, v. 34, p81-95, 1997.

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M. Zoneamento do algodão herbáceo no nordeste. In: BELTRÃO, N. E. de M.(org.). **O agronegócio do Algodão no Brasil.** Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999,v.1(2v.),p.213-229.

APHA, AWWA e WPCF. **Standard methods for the examination of waste and waster water.** 1998 ed. New york, APHA/AWWA/WPCF, 1995. 1193p.

ARAÚJO, L. F. P. **Reuso, com Lagoa de Estabilização. Potencialidade no Ceará.** Fortaleza. SEMACE, 2000. 136p.

ARAÚJO, A. E. de.; AMORIM NETO, M. da s.; BELTRÃO, N. E. de M. Municípios altos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no Estado da Paraíba. **Revista de Oleaginosas e Fibras,** Campina Grande, v. 4, n.2, p.103-110, 2000.

ARAÚJO, A. L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (Lactuca sativa, L.).** 1999. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** 2ª ed. Campina Grande: UFPB. Tradução de: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. 1999, 153p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, D. M. P. de; NÓBREGA, L. B. da.; LIMA, E. F.; BATTISTA, F. A. & BELTRÃO, N. E. DE M. Manejo Cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 6, p.121-155.

AZEVEDO M. R. Q. A. **Impacto e modificações em agroecossistemas cultivados com milho e algodão irrigado com água residuária tratada**. Tese de Doutorado em Recurso Naturais Campina Grande-PB, 2005 239p.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamona (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, n. 31, p.7, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M. (org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de Tecnologia, v.2, 1999, p. 619-682.

BELTRÃO, N. E. de M. Mamoneira e seu cultivo no Nordeste brasileiro: Excelente opção para a agricultura familiar, em especial no Estado da Paraíba. **Bahia Agrícola**. v. 4, n. 2, p.21-22, 2001.

BELTRÃO, N. E. DE M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 2, p.37-59.

BELTRÃO, N. E. de M. **Torta de Mamona (*Ricinus Communis* L.): Fertilizante e Alimento**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 2002. 5p. (Comunicado Técnico, 171).

BIELORAI, H.; VAISMAN, I.; FEIGIN, A. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: I. Yield response. **Journal of Environmental Quality**, v.13, p.231-234, 1984.

BOND, W. J. Effluent irrigation an environmental challenge for soil science. **Australian Journal of Soil Research**, v.36, p.543-555, 1998.

BOUWER, H.; CHANEY, R.L. Land treatment of wastewater. **Advances in Agronomy**, v.26, p.133-176, 1974.

BRADY, N. C. The nature and properties of soils. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. ed. 7^a Rio de Janeiro. Freitas Bastros, 1989.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 303p.

BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V. P. Q., PORTO, M. A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo, 1991. V.3.

CAMERON, K.C.; DI, H.J.; McLAREN, R.G. Is soil an appropriate dumping ground for our waster. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.35, p.995-1035, 1997.

CASSEL, D. K.; KLUTE. A. Water potential: tensiometry. In: KLUTE. A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 1986. p.563-596. Second Edition.

CGEE CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS MGT **Panorama de Recursos Hídricos** – Versão 3. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001. 47p.

COELHO, M.A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária**. 2^a ed. rev. Curitiba: SANEPAR, 1999. 81p.

CONAMA–CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº. 20 de 18 de junho de 1986. Disponível em: [htt://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf). Acesso em 18 de janeiro 2007.

DAKER. A. Irrigação e Drenagem; água na agricultura, V. 3., 7ª ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1988.

DUARTE, A. de S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002. 108p.

EMATER-PB. **Sugestões de adubação para o estado da Paraíba**. João Pessoa, PB. 1979

EMPRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 1997 212p.

EMPRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Atlas do meio Ambiente do Brasil**; Fundação Banco do Brasil. Ed. Terra Viva; Embrapa –SPI; 1994 138p.

FALKINER, R. A.; POLGLASE, P. J. Transport of phosphorus through soil in a effluent irrigated tree plantation. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 385-398, 1997.

FALKINER, R. A.; SMITH, C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated Pinus radiata and Eucalyptus stands. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.131-147, 1997.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem. Universidade Federal de Campina Grande-PB Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande-PB, 2006 152p.

FARIAS, R.T.; COSTA, A.C.S. Tensiômetro: construção, instalação e utilização; um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina, IAPAR, 1987, 24p. (IAPAR, Circular, 56).

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent **Advanced Series in Agricultural Science**. V. 17, 1991. 210p.

FERREIRA, Olga Eduarda. **Efeito da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *inifolium* Hutch.) e no meio edáfico**. Dissertação (Mestrado) UFCG Campina Grande-PB. 2003 18p.

FRIEDEL, J. K.; LANGER, T.; SIEBE, C.; STAHR, K. Effects on long-term wastewater on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central Mexico. **Biology and Fertility Soils**, v.31 p. 414-421, 2000.

FORNAZIERI JÚNIOR. A. F. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas**. São Paulo: Cone, 1986. 72p.

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.de; SOUZA, J. R. A qualidade de água de irrigação. In FOLEGATTI, M. V. (coord.). **Fertirrigação**. Citrus. Flores. Hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. 237-265p.

GOMES, S. P. **Curso de Estatística Experimental**. 12ª Edição. Piracicaba: Nobel, 1978. p 430.

GOMES, H. P. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3 ed., Campina Grande: UFPB, 1999, 412p.

HILLEL, D. Introduction to soil physics. San Diego: Academic Press, 1982. 364p.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reuso de Água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: MANCUSO, C. S. A; SANROS, H. F. (Editores). **Reuso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

HOLANDA, Arisosto. **Biodiesel e inclusão social**. Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. (Série cadernos de altos estudos; n.1) 200p.

HOZUMI, A. B.; KOYAMA, H.; KIRA, T. **Intraespecific competition among higher plants**. IV preliminary account on the interaction between adjacent individuals. *Journal of the Institute of Polytechnic*, v. 6, p. 121 – 130, 1955.

INFORMATIVO TÉCNICO: **Sobre a Cultura da Mamona Para a Agricultura Familiar**, Embrapa. Algodão. Campina Grande – PB 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

JANSSEN, B. H. N. Mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil*, v. 181, p. 39-45, 1996.

JOHNS, G. G. McCONCHIE, D. M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residue in plants, soil and leachate using lysimeters. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 45, p. 1619-1638, 1994.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgoto doméstico**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p.

KARDOS, L.T.; HOOK, J. E. Phosphorus balance in sewage effluent treated soils. *Journal of Environmental Quality*, v. 5, p. 87-90, 1976.

KIEHL, E. J. Manual de adafologia. Relações solo-planta. São Paulo, SP. Ceres, 1979. 262p.

LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de GHERY, H. R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. O.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB. 1999. 108p.

KLAR, A.E. Irrigação: frequência e quantidade de aplicação de água. São Paulo: Nobel, 1991. 156p.

LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1983. p. 91-141.

LIMA, V.L.A. **Efeitos da Qualidade da Água de irrigação e da fracção de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais 1998. 87p.

MACÊDO, L. de S.; MENINO, I. B. **Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.2, n.1. Campina Grande PB. 1998. p. 47-51.

HESPANHOL, I. Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003 b. p.97-123.

MALAVALTA, E. **Manuel de Química Agrícola – Nutrica de Plantas e Fertilidade do Solo**. Editora Agronomica Ceres. São Paulo, 1976. 528p.

MANCUSO, P.S; SANTOS, H.F. **Reúso de Água**. Editores. Barueri. SP: Manole. 2003.

MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soil and its availability to crops. Plant and Soil. V. 181, p. 83-93, 1996.

METCALT, L.; EDDY, H. P. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. New York. Ed.3ª McGraw Hill. 1991. 1335p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO 2006. Disponível em: [www.http://portal.paraiba.pb.gov.br](http://portal.paraiba.pb.gov.br). Acesso em 13 de fevereiro 2007.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do Pequeno Açude**. Recife: SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992. 524p.

NASCIMENTO, Maria Betânia Hermenegildo do. **Modificações na Ambiente Edáfico, na Água e na Mamona Submetidos ao uso de Biossólidos e Água Residuária**. Dissertação (Mestrado) UFCG Campina Grande-PB. 2003 75P.

NETO, M. S. A.; ARAÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e Solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 3, p.63-74.

PAGANINI, W. da S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. p.339 - 431.

PIZARRO, F. C. **Riegos localizados de alta frequência**. Madri: Mundi Prensa, 1997. 461p.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003, p.37-95.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel, 1987. 549p.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States department of Agriculture, 1954. 160p (Agriculture HANDBOOK, 60).

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Brasil. Manole. 1990

SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante. São Paulo: IPT, 1992, 27p. (IPT, Comunicação Técnica).

SAN JUAN, J. A. M. **Riego por goteo: teoría e práctica**. 4ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 302p.

SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

SANTOS, R. F. **Híbridos de pimentão cultivados em ambiente protegido e convencional, fertirrigado com doses de N + K, e avaliação da distribuição da evaporação**. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agronômicas- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001. 162p

SILVA, S. A. OLIVEIRA R. **Manual de Análises Físico-químicas de Água de Abastecimento e Residuárias**. – Campina Grande, Paraíba. 2001. 266p.

SISVAR 4,6. FERREIRA, D.F. Programa de Análise Estatística – Universidade Federal de Lavras, 2003, CD ROM.

SMITH, C. J.; FRENEY, J. R.; BONS, W. J. Ammonia volatilization from soil irrigated with urban sewage effluent. Australian. **Journal of Soil Research**, v. 34, p. 789-802, 1996a.

SOUSA, J. T., LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande-PB: EDUEP, 2003. 103p.

SPEIR, T. W. VAN SHAIK, A. P.; KETTLES, H. A.; VICENT, K. W.; CAMPBELL, D.J. Soil and stream-water impacts of sewage effluent irrigation onto steeply sloping land. **Journal of Environmental Quality**, 28, p. 1105-1114, 1999).

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. 36, p. 155-177, 1990.

STUDART, T.; CAMPOS, N. **Gestão das Águas**. Princípios e práticas. Edição. 2. Porto Alegre ABRH, 2001).

FAVORA, F. J. A. F. A. **A Cultura da Mamona** Fortaleza: Epace, 1982. 111p.

TOMÉ Jr, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba; Agropecuária, 1997, 247p.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de bio-sólidos, In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Editores). **Bio-sólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001 a, cap. 5. p.133-180.

TSUTIYA, M. T. **Caracterização de bio-sólidos gerados em estações de tratamento de esgotos**, In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Editores). **Bio-sólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001 b, cap. 4. p.89-129.

UEHARA, M. Y.; VIDAL, W. L. **Operação e Manutenção de lagoas Anaeróbias e Facultativas**. São Paulo. CETESB. 1989.

VILLIERS. Marc. de **Água: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI**. Rio de Janeiro, 2002.

VON SPERLING, M. **Noções de qualidade de água**, In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 187p.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London. Longman, 1983. 660p.

WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p.484-486, 1967.

Anexo

Tabela IA. Características das águas residuárias de algumas indústrias.

Gênero	Tipo	UP	Cons. Esp. de água (m ³ /unid)	Carg. esp. de DBO (kg/unid)	Equiv. Popul. De DBO (hab/unid)	Conc. de DBO (mg/l)	Carg. Esp. de SS (kg/unid.)	Carga específica de SDT (kg/unid)
	-	1 ton	4-50	30	500	600-7.500	-	-
	Conservas(frutas/legumes)	1 ton	5-25	2-8	40-150	200-1.000	-	-
	- Doces	1 ton açúcar	0.5-10.0	2.5	50	250-5.000	4	-
	- Açúcar de cana	1000l leite	1-10	1-4	20-70	300-2.500	20-250	-
	- Laticínio sem queijaria	1000l leite	2-10	5.40	90-700	500-4.000	300-400	-
	- Laticínio com queijaria	1 ton	20	30	500	1.500	-	-
Alimentícia	- Margarina	1	(0.3-0.4)	4-10	70-200	15.000-	5	-
	- Matadouros	boi/25porcos	150	1100	21.000	20.000	19	2.250
	- Produção de levedura	1 ton				7.500		
	-Algodão	1 ton	120-750	150	2.800	200-1.500	70	200
	-Lã	1 ton	500-600	300	5.600	500-600	200	480
	-Rayon	1 ton	25-60	30	550	500-1.200	55	100
	-Nylon	1 ton	100-150	45	800	350	30	100
Têxtil	-Polyester	1 ton	60-130	185	3.700	1.500-3.000	100	150
	-Lavanderia de lã	1 ton	20-70	100-250	2.000-4.500	2.000-5.000	-	-
	-Tinturaria	1 ton	20-60	100-200	2.000-3.500	2.000-5.000	-	-
	-Alvejamento de tecidos	1 ton	-	16	250-350	250-300	-	-
	-Fabricação de poupa	1 ton	15-200	30	600	300	18	170
Poupa e papel	sulfatada	1 ton	30-270	10	100-300		-	-
	-Fabricação de papel	1 ton	200-250	60-500	1.000-10.000	300-10.000	400-1.000	-
	-Poupa e papel integrados							

Fontes: (VON SPERLING, 1996) adaptada pela autora 2007 CETESB (1976), Braile e Cavalcanti (1977), Arceivala (1981), Hosang e Bischof (1984), Salvador (1991), Weltzenfeld (1984).

Nota: dados não preenchidos (-) podem significar dados não significativos ou dados não obtidos. UP = Unidade de Produção; Cons. Esp. = Consumo específico de água; Carg. Esp. DBO = Carga específica de Demeada Bioquímica de Oxigênio; Carg. Esp. de SS = Carga específica de solo suspenso; Conc. de DBO = Concentração de Demeada Bioquímica de Oxigênio

Tabela 5. Concentrações máximas de elementos nas águas a serem utilizadas para irrigação.

Elemento	CMR* (mg L ⁻¹)	Observação
Al (alumínio)	5,00	Pode anular a produtividade em solos ácidos (pH<5,5), porém os solos mais alcalinos com pH >7,0 precipitam o íon e eliminam a toxicidade.
As (Arsênio)	0,10	A toxicidade às plantas pode variar consideravelmente, desde 12 mg L ⁻¹ para capim Sudão, até menos de 0,05 mg L ⁻¹ .
Be (Berílio)	0,10	A toxicidade às plantas pode variar consideravelmente, desde 5 mg L ⁻¹ para couve até 0,5 mg L ⁻¹ para o feijão Bush.
Cd (Cádmio)	0,01	É tóxico para os feijões, beterraba e nabo em concentrações tão baixas como 0,1 mg L ⁻¹ de solução de nutrientes. Recomendam-se limites conservadores por sua acumulação na planta e solos em concentração prejudicial ao ser humano
Co (Cobalto)	0,05	Tóxico para o cultivo do tomateiro em solução de nutrientes a 0,1 mg L ⁻¹ . Tende a inativar em solos alcalinos ou neutros.
Cr (Cromo)	0,10	Geralmente não se reconhece como elemento essencial ao crescimento. Recomendam-se limites conservadores devido à falta de conhecimento sobre sua toxicidade às plantas.
Cu (Cobre)	0,20	Tóxico para diversas plantas de 0,1 a 1,0 mg L ⁻¹ em solução de nutrientes.
F (Flúor)	1,00	Torna-se ativo em solos neutros ou alcalinos.
Fé (Ferro)	5,00	Não é tóxico às plantas em solos arejados, porém pode contribuir com a acidificação e perda de disponibilidade de P e Mb. A irrigação por aspersão pode formar depósitos despercebidos nas plantas, nos equipamentos e nas edificações próximas.
Li (Lítio)	2,50	É tolerado pela maioria das culturas até 5 mg L ⁻¹ . É móvel no solo e tóxico para os citros em concentrações baixas (< 0,075 mg L ⁻¹). Atua de maneira similar ao B.
Mn (Manganês)	0,20	É tóxico para diversas culturas em poucos décimos ou em poucos mg L ⁻¹ , porém geralmente apenas em solos ácidos.

Continuação da Tabela 5.

Mo (Molibdênio)	0,01	Não é tóxico às plantas em concentrações normais. Pode ser tóxico para o gado se a forragem cresce em solos com altas concentrações de Mo disponível.
Ni (Níquel)	0,20	Tóxico a diversas plantas desde 0,5 a 1,0 mg L ⁻¹ . A toxicidade se reduz em solos neutros ou alcalinos.
Pb (Chumbo)	5,00	Em altas concentrações pode inibir o crescimento das células das plantas.
Se (Selênio)	0,02	É tóxico às plantas em concentrações tão baixas como 0,025 mg L ⁻¹ e tóxico ao gado se a forragem crescer em solos com níveis relativamente altos de selênio. É um elemento essencial aos animais, porém em concentração muito baixa.
Sn (Estanho)		
Ti (Titânio)	---	As plantas excluem efetivamente, porém a tolerância específica é desconhecida.
V (Vanádio)	0,10	Tóxico a diversas plantas em concentrações relativamente baixas.
Zn (Zinco)	2,00	Tóxico a muitas plantas em variadas concentrações; a toxicidade é reduzida com pH > 6,0 e em solos orgânicos de textura fina.

FONTE: adaptado de PRATT (1972)

(-) CMR: concentração máxima é baseada em uma taxa de aplicação de 10.000 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (=1.000 mm³ ha⁻¹ ano⁻¹) de água de irrigação, adotando-se práticas de manejo na irrigação. Se a taxa de aplicação excede consideravelmente esta quantidade, as concentrações máximas devem ser ajustadas em forma de decrescente. Não se requer nenhum ajuste se a quantidade for menor que 10.000 m³, os valores consideram o uso contínuo da água sobre o solo

APÊNDICES



Figura 16. Vista geral ao final da pesquisa, Casa de Vegetação EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006



Figura 17. Produção COTEMINAS 100%, Casa de Vegetação EMBRAPA/AGODÃO, Campina Grande-PB, 2006

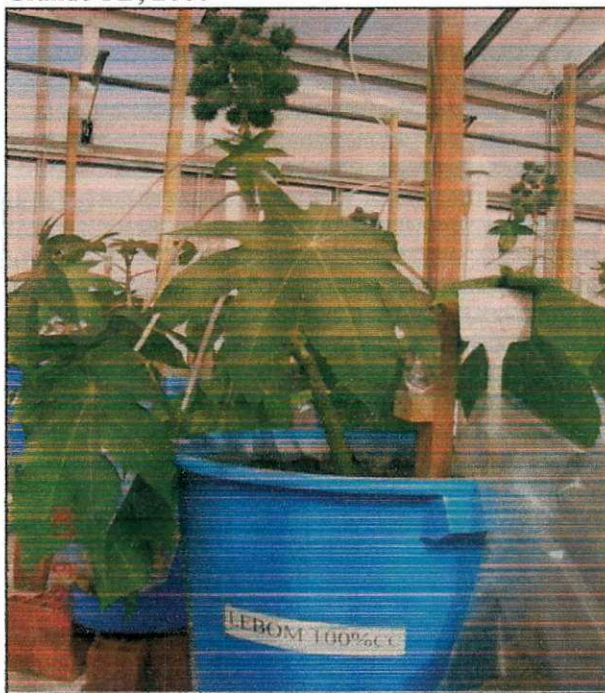


Figura 18. Produção LEBOM 100%, Casa de Vegetação EMBRAPA/AGODÃO, Campina Grande-PB, 2006

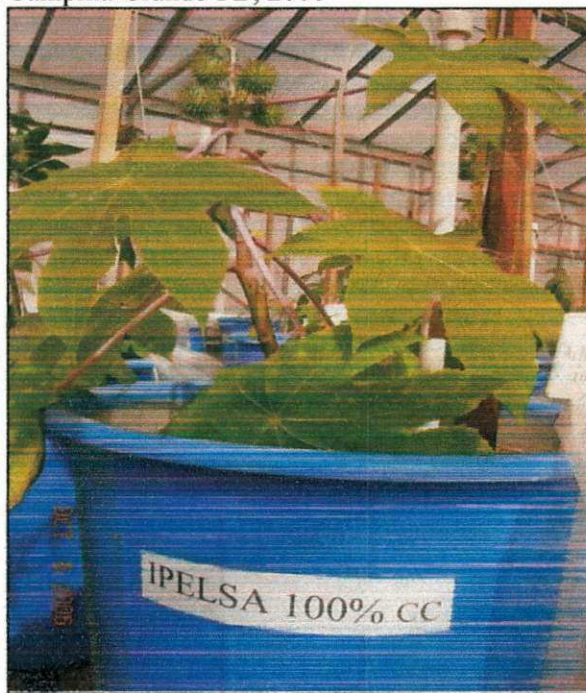


Figura 19. Produção IPELSA 100%, Casa de Vegetação EMBRAPA/AGODÃO, Campina Grande-PB, 2006