



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO EM FUNÇÃO DA
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

EPITACIO DE ALCANTARA FREIRE

Campina Grande
Paraíba



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO EM FUNÇÃO DA
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

EPITACIO DE ALCANTARA FREIRE

**CAMPINA GRANDE - PB
FEVEREIRO, 2011**

EPITACIO DE ALCANTARA FREIRE

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO EM FUNÇÃO DA
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Campina Grande, com parte
das exigências do Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Agrícola, para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:

ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES:

Prof. Dr^a. VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA – UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO–EMBRAPA/CNPA

**CAMPINA GRANDE - PARAIBA
FEVEREIRO, 2011**



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F866c Freire, Epitácio de Alcântara.

Crescimento do pinhão-manso em função da irrigação com água residuária e adubação orgânica / Epitácio de Alcântara Freire. — Campina Grande, 2011.

64 f. : il. col.

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

Orientadores: Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Antunes de Lima, Prof. Dr. Napoleao Esberard de Macedo Beltrao.

Referências.

1. Plantas Oleagenosas. 2. Análise de Crescimento. 3. Pinhão-Manso – *Jatropha curcas* L. I. Título.

CDU – 633.85 (043)

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

EPITACIO DE ALCANTARA FREIRE

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO EM FUNÇÃO DA
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Vera Lucia Antunes de Lima
Dra. Vera Lucia Antunes de Lima – Orientadora

APROVADO

Napoleão Esberard de M. Beltrão
Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão – Orientador

APROVADO

Maria Sallydelândia S. de Farias
Dra. Maria Sallydelândia S. de Farias – Examinadora

APROVADO

Maria Betânia Rodrigues da Silva
Dra. Maria Betânia Rodrigues da Silva – Examinadora

APROVADO

Fevereiro- 2011

“O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele; destina-se a sustentar o pé de um homem pelo tempo suficiente para que ele coloque o outro um pouco mais alto.”

Thomas Huxley

A meus pais, Ana Gláucia de Alcântara Freire e Juraci Epitácio Guimarães Freire e minha irmã Glauciane Freire, por sempre acreditarem em mim e pelo incentivo. Sempre me ajudaram e me compreenderam em todos os momentos da minha vida, pois devo esta vitória principalmente a vocês, os grandes amores da minha vida.

Dedico.

Ao meu Deus e Jesus Cristo por sempre me protegerem de todo mal e me guiar no caminho da Luz, dando-me paz, saúde e força para suportar as coisas que não podem ser mudadas e coragem para mudar as coisas que podem ser mudadas.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me encaminhar com sua sabedoria, nos momentos melancólicos e alegres da vida, pela saúde, alimento e integridade; enfim, a minha eterna gratidão por mais uma conquista

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, pelo apoio necessário à realização do curso, em particular à Secretária Cida, pelo competente trabalho que exerce, dando o amparo necessário para a conclusão do curso.

À Professora Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima e ao Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, pelos conhecimentos repassados e credibilidade em minha orientação, ao dois, minha gratidão pela oportunidade de ter realizado este trabalho.

A todos os professores que fazem parte do corpo docente da área de Irrigação e Drenagem, em especial ao professor Dr. José Dantas, pela atenção e confiança para comigo.

À Professora Dra. Josivanda como conselheira e ao Professor Dermeval, Coordenador do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo durante o mestrado.

Ao Prosab, pelo espaço cedido em Campina Grande, PB, para o desenvolvimento do experimento.

Aos técnicos e funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande, pelo auxílio na realização das análises de água.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, pela concessão dos dados meteorológicos e parte do material experimental.

Aos meus amigos e companheiros de turma: Amilton, Alexandra Estrela, Doroteu, Silvania, Maria do Socorro Formiga, Junior, Henrique Lessa, Eduardo Maciel e Navilta Veras, pela valiosa convivência e amizade.

Às Amigas, Joelma Sales, Silvana Medeiros, Leda Benevides, Kaline Dantas e Aline pelo companheirismo, atenção, contribuição e paciência.

Ao Sr. Roberto Reijers e sua Esposa, Sra. Catarina Reijers, pela confiança depositada em minha pessoa durante os anos de contribuição como funcionário executivo da Empresa Reijers Produção de Rosas Ltda / São Benedito, CE.

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 <i>Objetivo Geral.....</i>	3
2.2 <i>Objetivos Específicos.....</i>	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1 A Cultura do pinhão-manso.....	4
3.1.1 <i>Origem.....</i>	4
3.1.2 <i>Descrição botânica, morfológica e fisiológica.....</i>	4
3.2 Requerimentos ambientais.....	8
3.2.1 <i>Clima e Solo.....</i>	9
3.3 Uso e importância econômica da cultura.....	9
3.4 Biodiesel.....	11
3.5 Agricultura irrigada.....	12
3.5.1 <i>Irrigação.....</i>	12
3.5.2 <i>Reúso de água.....</i>	13
3.6 Tratamento de esgotos domésticos.....	16
3.7 Adubação nitrogenada.....	18
3.7.1 <i>A Torta de mamona como adubo orgânico.....</i>	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Localização e Caracterização da área experimental.....	21
4.2 Cultura utilizada e Formação de mudas.....	22
4.3 Recipientes e Material de solo.....	23
4.4 Instalação do experimento.....	24
4.5 Adubação.....	24
4.6 Determinação das lâminas de irrigação.....	25
4.7 Águas de irrigação.....	26
4.8 Tratamento e Delineamento estatístico.....	28

4.9 Controle de pragas e ervas daninhas.....	29
4.10 Variáveis primárias do crescimento.....	29
4.10.1 <i>Altura de planta (AP) Diâmetro caulinar (DC)</i>	29
4.10.2 <i>Número de folhas (NF) e Área foliar (AF)</i>	30
4.11 Variáveis fisiológicas do crescimento.....	32
4.11.1 <i>Taxas de crescimento absoluto em altura de planta e diâmetro caulinar</i>	32
4.11.2 <i>Taxas de crescimento relativo em altura de planta e diâmetro caulinar</i>	32
4.12 Análises estatísticas.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. Variáveis primárias do crescimento.....	34
5.1.1 <i>Altura de planta (AP)</i>	34
5.1.2 <i>Diâmetro caulinar (DC)</i>	37
5.1.3 <i>Número de folhas (NF)</i>	39
5.1.4 <i>Área foliar (AF)</i>	41
5.2 Análise fisiológica do crescimento.....	44
5.2.1 <i>Taxas de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA AP)</i>	44
5.2.2 <i>Taxas de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (TCA DC)</i>	46
5.2.3 <i>Taxas de crescimento relativo em altura de plantas (TCR AP)</i>	47
5.2.4 <i>Taxas de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCR DC)</i>	50
6. CONCLUSÕES	51
7. REFERÊNCIAS	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pinhão-Manso aos 168 DAT.....	5
Figura 2. Folha do Pinhão-Manso	5
Figura 3. Racemo de Pinhão-Manso.....	6
Figura 4. Sexagem Floral Masc (A) Fem (B).....	7
Figura 5. Frutificação de Pinhão-Manso.....	7
Figura 6. Sementes de Pinhão-Manso.....	8
Figura 7. Esquema de funcionamento de um reator UASB.....	17
Figura 8. Localização do PROSAB – Cidade de Campina Grande, PB.....	21
Figura 9 Comportamento dos índices de precipitação absoluta e evapotranspiração de referência ao longo do período experimental de março a dezembro de 2009.....	22
Figura 10. Reator UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket.....	27
Figura 11. Croqui da área experimental PROSAB-CG/PB.....	28
Figura 12. Avaliação da variável de crescimento altura de planta.....	30
Figura 13. Avaliação da variável de crescimento diâmetro caulinar.....	30
Figura 14. Aparelho digital utilizado para contagem de folhas.....	31
Figura 15. Influência da água de abastecimento e residuária no número de folhas do pinhão-manso irrigado com água residuária sob adubação nitrogenada, aos 84 DAT.....	41
Figura 16. Influência da água de abastecimento e residuária na área foliar do pinhão-manso irrigado com água residuária sob adubação nitrogenada.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas do material do solo utilizado no experimento.....	23
Tabela 2. Características químicas do material do solo utilizado no experimento....	24
Tabela 3. Composição química da torta de mamona, cultivar BRS Nordestina.....	25
Tabela 4. Quantidade de fertilizantes utilizados por tratamento no experimento.....	25
Tabela 5. Características físicas e operacionais do reator UASB.....	27
Tabela 6. Composição físico-química da água de abastecimento e água residuária utilizada no experimento.....	28
Tabela 7. Resumo da ANOVA e médias para a altura de planta – AP, do pinhão-mansó irrigado com água de abastecimento e residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB. 2009.....	36
Tabela 8. Resumo da ANOVA e médias para o diâmetro caulinar – DC, do pinhão-mansó irrigado com água de abastecimento e residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB. 2009.....	38
Tabela 9. Resumo da ANOVA e médias para o número de folhas – NF, do pinhão-mansó irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB. 2009.....	40
Tabela 10. Resumo da ANOVA e médias para a área foliar – AF, do pinhão-mansó irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB. 2009.....	43
Tabela 11. Resumo da ANOVA e médias para taxas de crescimento absoluto de altura de planta do pinhão-mansó, nos intervalos de 42 - 84, 84 -126, 126 -168 DAT irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB. 2009.....	45
Tabela 12. Resumo da ANOVA e médias para taxas de crescimento absoluto do diâmetro caulinar de planta do pinhão-mansó, nos intervalos de 42-84, 84-126, 126-168 irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB. 2009.....	47

Tabela 13. Resumo da ANOVA e médias para taxas de crescimento relativo em altura de planta do pinhão manso, nos intervalos de 42 - 84, 84 - 126, 126 - 168 DAT irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB, 2009.....	49
Tabela 14. Resumo da ANOVA e médias para taxas de crescimento relativo do diâmetro de caule do pinhão-manso, nos intervalos de 42-84, 84-126, 126-168 DAT irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB, 2009.....	51

RESUMO

Entre as espécies que estão sendo usadas para produzir de biodiesel, o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) se tem destacado como uma planta oleaginosa com as qualidades necessárias para a produção de biodiesel. Então, com o objetivo de criar oportunidades para produção de biodiesel em regiões semiáridas tentando a ampliação da disponibilidade hídrica e utilização da adubação orgânica para cultivar oleaginosas, o presente trabalho propôs estudar o crescimento do pinhão-mansão no seu primeiro ciclo, quando irrigado com água residuária e de abastecimento e submetido a doses crescentes de adubação nitrogenada oriunda da torta da mamona (cultivar BRS Nordestina). As atividades experimentais foram conduzidas no período de março a dezembro de 2009, em recipientes ao ar livre, nas instalações do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) situado na Estação de Tratamento Biológico de Esgotos (EXTRABES), em Campina Grande, PB. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado analisado em esquema fatorial 4 x 2 com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais cujos fatores foram: um tipo de fertilizante orgânico proveniente da torta de mamona em quatro doses de nitrogênio (50, 100, 150 e 200 kg N ha⁻¹) e água de abastecimento e residuária. O uso da adubação orgânica sob diferentes doses de N não proporcionou efeito nas variáveis de crescimento, sendo que a dose de 100 kg ha⁻¹ apresentou melhores resultados, salvo aos 126 DAT, para altura de planta e diâmetro caulinar. O tipo de água de irrigação também não afetou significativamente a altura de plantas; entretanto, a água residuária apresentou melhores resultados aos 42 e 84 DAT enquanto que a água de abastecimento, aos 126 e 168 DAT. O efeito do nitrogênio sob a adubação também não se mostraram significativos para as variáveis número de folhas e área foliar, em nenhuma das avaliações realizadas durante o primeiro ciclo da cultura em estudo. Em se tratando da influência do tipo de água, percebe-se no número de folhas que a água residuária influenciou positivamente o número de folhas aos 84 DAT, não sendo perceptíveis efeitos significativos em outro momento do ciclo em que foram realizadas as avaliações.

PALAVRAS – CHAVE: Análise de Crescimento; *Jatropha Curcas* L.; Oleaginosas.

ABSTRACT

Among the species that have been used to produce biodiesel, physics nut (*Jatropha curcas* L.) is the one that has been distinguished as an oleaginous plant with the necessary qualities to produce biodiesel. So, with the objective to create opportunities to produce biodiesel in semi arid regions trying to expand the hydric availability and the use of organic fertilizers to cultivate oleaginous, the present work propose to study the physics nut growth in its first cycle when irrigated with wastewater and supply water using increasing levels of nitrogen from castor pie (BRS Nordeste). The experimental activities were conducted from March to December 2009 in outdoor plastic recipients at the premises of the Research Program in Basic Sanitation (PROSAB) which is located in Biological Treatment Station of Sewage (EXTRABES, in Campina Grande, PB. The experimental design was in randomized block in a factorial scheme (4 x 2) with four repetitions, totaling 32 experimental units whose factors were a kind of organic fertilizer with four nitrogen levels (50, 100, 150, 200 kg N ha⁻¹) and wastewater and supply water. The use of organic fertilizer under different levels of N did not have residual effect on growth variables, the best results were reached at 100 kg ha⁻¹ except at 126 DAT for plant height and stem diameter. The type of irrigation water did not significantly affect plant height, however the wastewater showed better results at 42 and 84 DAT while water supply at 126 and 168 DAT. The nitrogen effect under fertilization also did not show significant for the number of leaves and leaf area in any of the evaluations during the first cycle of culture. In relation to the influence of the type water to the number of leafs, it was observed that the wastewater influenced positively the number of leaves at 84 DAT, and any other significant effects were observed during the evaluation cycles.

Key words: Growth analysis; *Jatropha Curcas* L; Oleaginous

1. INTRODUÇÃO

O reúso da água na irrigação é uma alternativa que se vem mostrando viável, pelas seguintes razões: em áreas nas quais as culturas mais necessitam de irrigação, a água é, via de regra, escassa; a agricultura irrigada requer grandes volumes de água, que representem a maior demanda de água nas regiões secas; as plantas podem ser beneficiadas não somente pela água mas, também, dentro de certos limites, pelos materiais dissolvidos nos efluentes, tais como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes (PESCOD, 1992). A reutilização de águas residuárias oferece, ainda, vantagens do ponto de vista da proteção do ambiente, na medida em que proporciona a redução, ou mesmo a eliminação da poluição dos meios hídricos habitualmente receptores dos efluentes.

Diante da preocupação atual com o efeito estufa, o aquecimento global, a busca por fontes alternativas de combustíveis se tornaram uma das prioridades de pesquisa agrícola. O cultivo de espécies oleaginosas tem despertado o interesse dos produtores, do governo e das instituições de pesquisa em virtude do elevado potencial combustível do óleo obtido de algumas culturas.

Dentre as oleaginosas que podem ser cultivadas para a produção de biodiesel o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.), se destaca; uma espécie não domesticada, da família das euforbiáceas, exigente em insolação e com forte tolerância à seca para sobrevivência, e que, segundo Carnielli (2008), produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare por ano e leva de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que se estende por 40 anos.

Outro aspecto positivo desta cultura é a conservação da semente colhida que pode ser armazenada durante por longos períodos de tempo, sem os inconvenientes da deterioração do óleo por aumento da acidez livre o que, geralmente, ocorre com os frutos de outras oleaginosas. Purcino e Drummond (1986) afirmam que a cultura do pinhão-mansão pode desenvolver-se em pequenas propriedades, utilizando-se da mão de obra familiar disponível, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais, além de gerar milhões de empregos na região nordeste.

Após a extração do óleo a sobra, chamada de torta e farelo, ainda pode ser usada para recuperação de solos, pois é rica em nitrogênio, fósforo e potássio (Brasil, 1985) e depois de desintoxicada usada como ração animal.

Com o crescimento populacional a humanidade se vê compelida a usar com maior intensidade o solo agricultável, o que vem impulsionando o uso da irrigação, não só para complementar as necessidades hídricas das regiões úmidas, mas, também, para tornar produtivas as áreas áridas e semiáridas do globo, que constituem cerca de 55% de sua área continental total. Atualmente, mais de 50% da população mundial dependem da agricultura irrigada (WERNECK et al., 1999).

Desta forma, além de ser uma alternativa para a obtenção de petróleo com a grande vantagem do uso de fontes 100% vegetais, responsáveis por reduzir a emissão de dióxido de carbono, principal agente do efeito estufa, é uma possibilidade concreta de produzir esta cultura nas regiões de menor precipitação pluvial do Nordeste, ajudando o sertanejo a ter uma fonte de renda, além de transformar o pinhão-manso em uma opção produtiva para milhões de pessoas que vivem nesta região, uma vez que os resultados de pesquisas com a cultura do pinhão-manso ainda são incipientes fazendo-se necessários estudos que viabilizem a exploração adequada desta cultura que pode constituir uma boa alternativa de cultivo agrícola para a região semiárida.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar e quantificar os efeitos do uso de duas qualidades de água de irrigação e doses crescentes de nitrogênio obtidas por meio de adubação orgânica na cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) com torta de mamona no crescimento das plantas, durante seu primeiro ciclo.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar o tipo de água que proporcione maior crescimento vegetativo do pinhão-manso em condições de campo;
- b) Identificar a dose de nitrogênio (torta de mamona) adequada para o crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso em condições de campo;
- c) Verificar as interações entre o tipo de água e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial da cultura do pinhão-manso.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A cultura do pinhão-manso

3.1.1 Origem

O pinhão-manso tem sua origem ainda bastante discutida. Há relatos de que o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) remonta a 70 milhões de anos, em fósseis descobertos na Belém Peruana (SATURNINO et al., 2005). Peixoto (1973) afirma que o pinhão-manso é oriundo da América do Sul, inclusive do Brasil e das Antilhas. Brasil (1985) relata que o pinhão-manso é encontrado em Minas Gerais, com mais frequência no Norte do estado e no Vale do Jequitinhonha, geralmente em áreas isoladas e mais afastadas de centros urbanos.

Atualmente, o pinhão-manso é conhecido e cultivado em todo o mundo e em quase todas as regiões intertropicais, ocorrendo em maior escala nas regiões tropicais e temperada e, em menor extensão, nas frias (CORTEÃO 1956; PEIXOTO, 1973; BRASIL, 1985). A cultura do pinhão-manso é conhecida por vários nomes populares, como pinhão-paraguaio, pinhão-de-purga e outros. Martin e Mayeux (1984) destacam o estado do Ceará, no Brasil, como o centro de origem desta espécie. No começo do século XIX era usado em alguns países, para aumentar a ação purgativa do óleo de ricino, ao qual era misturado. Depois foi abandonado, pois sua ação purgativa é média. Durante a primeira metade do século passado, era um produto de exportação importante das Ilhas de Cabo Verde; quantidades consideráveis de sementes do pinhão-manso foram produzidas em Cabo Verde neste período, fato que e isto constituiu uma contribuição importante para a economia do país.

3.1.2 Descrição botânica, morfológicas e fisiológicas

O pinhão-manso pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca. Segundo Cortesão (1956), os portugueses distinguem duas variedades: catártica medicinal, a mais dispersa no mundo, com amêndoas muito amargas e purgativas e a variedade árvore de coral, medicina-de-espanha, árvores de nozes purgativas, com folhas eriçadas de pelos glandulares que segregam látex, límpido, amargo, viscoso e cáustico.

O conhecimento da fenologia de uma planta possibilita prever a época de reprodução, deciduidade, ciclos de crescimento vegetativo e sua relação com os fatores

climáticos, fundamentais para a execução de diversas operações agrícolas, como poda e colheita dos frutos (ARAÚJO e RIBEIRO, 2008).

Com relação à descrição da planta, o pinhão-manso é um arbusto grande e de rápido crescimento, cuja altura pode atingir de dois a três metros podendo em condições especiais, alcançar até cinco metros ou mais, com diâmetro do tronco de 20 cm (Figura 1). Cresce rapidamente em solos pedregosos e de baixa umidade; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida mas pouco resistente; floema com longos canais que se estendem até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso, que ocorre com abundância ao menor ferimento. O tronco ou fuste é dividido desde a base em ramos compridos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas. As folhas do pinhão-manso são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior (Figura 2).



Figura 1. Pinhão-Manso aos 168 DAT
Epitácio (2009)



Figura 2. Folha de Pinhão-Manso
Epitácio (2009)

A inflorescência do pinhão-manso (Figura 3) constitui os órgãos reprodutivos da planta e originarão os componentes vegetais que darão origem ao cacho e conseqüentemente às sementes. O florescimento é um dos principais estágios fenológicos para a produção de óleo, uma vez que o número de flores femininas e sua fecundação determinam quantos frutos e sementes serão desenvolvidas. O florescimento se inicia normalmente, após um período de dormência da planta e no Brasil isto ocorre

após o inverno, quando a temperatura e a precipitação são reduzidas. Após a indução do florescimento, este se torna contínuo por períodos prolongados, de acordo com a disponibilidade de água no solo (JUHÁSZ et al., 2009).



Figura 3. Racemo de Pinhão-Manso

Epitácio (2009)

A expressão da sexualidade nas plantas de pinhão-manso é complexa. A inflorescência é uma panícula com flores femininas (aproximadamente 10 a 20%) no ápice do estame principal e nas ramificações. Existe uma forte correlação entre a produção e o crescimento vegetativo revelada pelo número total de flores produzidas e o comprimento total das brácteas (HELLER, 1996; OLIVEIRA et al., 2008).

O estudo descritivo dos padrões de florescimento e frutificação do pinhão-manso é indispensável para se compreender o processo de formação e maturação das sementes e, bem caracterizados, podem auxiliar na previsão da época adequada para realização da colheita dos frutos, que é um processo dispendioso devido a maturação dos frutos ocorre de forma desuniforme.

O florescimento do pinhão-manso tende a responder ao período de chuva, assim como o crescimento e a reprodução são influenciados pelo estágio nutricional da planta. Ocorrendo deficiência nutricional, a planta cresce e se ramifica menos, o que implicará em menos frutos já que os mesmos são produzidos nas pontas dos ramos. O pinhão-manso é uma planta responsiva ao potássio e ao fósforo, que promovem um crescimento inicial rápido (SANTOS et al 2007).

Sua floração é monóica apresentando na mesma planta mas com sexo separado. As flores são brancas e formam buquê, com 10 a 20 flores femininas e mais de 50

masculinas. Em alguns casos, apenas flores masculinas são produzidas em uma inflorescência. As flores femininas têm pedúnculo longo, isolados e se localizam nas ramificações, enquanto as flores masculinas têm dez estames, cinco unidos na base e cinco unidos na coluna; localizados nas pontas das ramificações. A abertura das flores femininas na mesma inflorescência ocorre em dias diferentes; após a abertura da primeira flor as outras se abrem diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos (Figura 4).

Apresentam polinização cruzada, primordialmente entomófila, entre diferentes flores da mesma planta ou de plantas diferentes, sendo parcialmente autocompatíveis, necessitando de polinizadores. A polinização ocorre por insetos (abelhas, formigas, trips e moscas). Da flor ao fruto maduro são decorridos cerca de 60 dias (DIAS et al., 2007).

O fruto é capsular ovóide com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm e trilobular, com uma semente em cada cavidade, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho e, por fim, preto, quando atinge o estágio de maturação (Figura 5). Este fruto contém de 53 a 62% de sementes e de 38 a 47% de casca pesando, cada uma, de 1,53 a 2,85g (CORTESÃO, 1956; BRASIL, 1985).

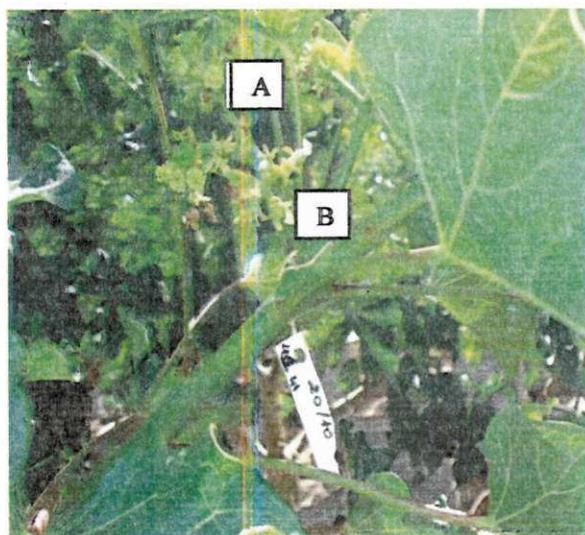


Figura 4. Sexagem Floral Masc (A) Fem (B)
Epitácio (2009)

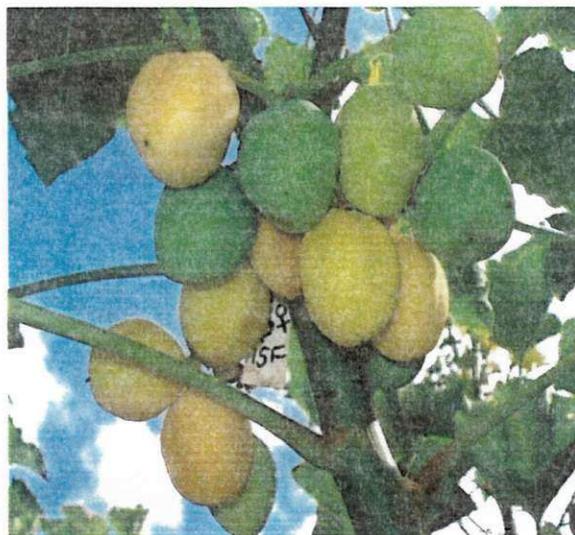


Figura 5. Frutificação de Pinhão-mansó
Epitácio (2009)

As sementes de pinhão-mansó são relativamente grandes e, quando secas, medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,3cm de largura (Figura 6). Têm tegumento rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Debaxo do invólucro da semente existe uma película branca cobrindo a amêndoa. Apresentam albumen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados.

Entretanto, como ressalta Beltrão (2006) não se conhece quase nada da bioquímica nem da fisiologia desta planta; não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação como por exemplo, a população de plantas ideal e a configuração de plantio. Além disso, o autor refuta a alegação de que o pinhão-manso produz muito bem em solo de baixa fertilidade pois, segundo ele, qualquer planta sempre produzirá mais quanto melhor for a disponibilidade de nutrientes para ela.



Figura 6. Sementes de Pinhão-manso

Epitácio (2009)

3.2 Requerimentos ambientais

Segundo Cortesão (1956) e Peixoto (1973) a distribuição geográfica do pinhão-manso no Brasil é bastante vasta devido a sua rusticidade, resistência a longas estiagens, bem como às pragas e doenças, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde o Nordeste até os estados de São Paulo e Paraná. Segundo estes autores, o pinhão-manso desenvolve-se bem tanto em regiões tropicais secas como em zonas equatoriais úmidas, e em terrenos áridos e pedregosos, podendo, suportar longos períodos de estiagens. Encontra-se desde a orla marítima, ao nível do mar, até 1.000 m de altitude, sendo o seu cultivo mais indicado em regiões que apresentem entre 500 e 800 m de altitude. Nos terrenos de encosta, áridos e expostos ao vento, desenvolve-se pouco, não ultrapassando os 2 metros de altura (CORTESÃO 1956; PEIXOTO, 1973; DIAS et al., 2007).

3.2.1 Clima e Solo

A planta de pinhão-manso se desenvolve melhor sob temperatura média de 18 a 28 °C e precipitação acima de 800 mm anuais, bem distribuída (DIAS et al., 2007). Para uma produção adequada o ideal são 28 precipitações acima de 600 mm ano⁻¹ e temperaturas médias anuais de 18,0 a 28,5 °C (TOMINAGA et al., 2007). Apresenta tolerância a condições de precipitação pluvial entre 480 mm e 2.380 mm ano⁻¹, sendo que a produtividade é bastante afetada pela irregularidade na distribuição das chuvas e pelos ventos fortes e prolongados na época da floração (SATURNINO et al., 2005). Nas regiões semiáridas sua floração anual ocorre de 3 a 4 vezes, podendo chegar a mais de 6 vezes nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, embora o excesso de chuva no período da colheita possa atrapalhar o trabalho (TOMINAGA et al., 2007).

De acordo com Peixoto (1973) e Brasil (1985), o pinhão-manso, apesar de pouco exigente a condições climáticas e de fertilidade do solo fértil, deve ser cultivado, preferencialmente em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados para que o sistema radicular possa desenvolver-se e explorar maior volume de solo, e a planta alcançar seu desenvolvimento ótimo. Dias et al. (2007) relatam que devem ser evitados os solos muito argilosos, rasos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem devem ser evitados, uma vez que a planta não tolera áreas encharcadas nem alagadiças.

3.3 Uso e importância econômica da cultura

Segundo Brasil (1985), nos países importadores basicamente Portugal e França, as sementes de pinhão-manso sofrem o mesmo tratamento industrial que as bagas de mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subsequente em prensas tipo "expeller", para extração do óleo que, em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando um produto livre de impurezas. A torta de mamona, que contém ainda aproximadamente 8% de óleo, é re-extraída com solventes orgânicos, geralmente hexano, sendo o farelo residual ensacado para aproveitamento como fertilizante natural, em virtude dos teores elevados de nitrogênio, fósforo e potássio.

Até antes da II Guerra Mundial (1939) o principal emprego do óleo de pinhão-manso era na saboaria e na fabricação de estearina mas, devido às necessidades militares, outras possíveis utilizações começaram a ser estudadas e exploradas

constatou-se, então, que o óleo de pinhão-mansó pode ser utilizado como combustível nos motores a diesel, comportando-se bem, sem necessidade de qualquer tratamento prévio especial e permitindo que se alcance potencial semelhante ao obtida com o gasoil (CORTESÃO, 1956).

Penido Filho e Villano (1984) produziram biodiesel de pinhão-mansó e de várias outras oleaginosas para uso em motores produzidos pela FIAT, tendo obtido boas características no combustível.

Além de produzir óleo o pinhão-mansó também pode ser utilizado para outros fins, tais como: a) substituição parcial do arame em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; b) pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras, como a baunilha, visto que o tronco possui casca lisa e macia e atua como fixador de dunas na orla marítima (PEIXOTO, 1973).

Na medicina doméstica aplica-se o látex da planta como cicatrizante hemostático e também como purgante. As raízes são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são utilizadas para combater doenças de pele. São eficazes também contra o reumatismo e possui poder antisifilítico. As sementes são utilizadas como purgativo, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão a uma globulina, a curcasina, e também ao ácido jatrópico de toxicidade igual ou superior a da ricinina. A ingestão de uma única semente fresca pode causar vômito e diarreia (PEIXOTO, 1973).

O óleo produzido pelo pinhão-mansó possui todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel e, além de ser de fácil cultivo, apresenta boa conservação da semente colhida, podendo tornar -se grande produtora de matéria-prima como fonte opcional de combustível. Esta espécie pode ser cultivada nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como ocorre com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da região Nordeste (PURCINO e DRUMMOND, 1986).

O pinhão-mansó tem sido estudado para a recuperação de áreas degradadas pela mineração exposta e para o reflorestamento de áreas desmatadas (TOMINAGA et al., 2007). Devido à cobertura do solo com matéria seca, reduz a erosão e a perda de água

por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta (PEIXOTO, 1973).

3.4 Biodiesel

A crescente preocupação mundial com o meio ambiente, juntamente com a busca por fontes de energia renováveis, coloca o biodiesel no centro das atenções e interesses. Diversos países, dentre eles o Brasil, procuram o caminho do domínio tecnológico desse biocombustível, tanto em nível agrônomo como industrial, o que deverá provocar fortes impactos na economia brasileira e na política de inclusão social do País.

No Estado do Ceará, em 1979, foi lançado o Programa Prodiesel sendo alvo, na década atual de grande interesse, com o incentivado ao uso de fontes alternativas de energia (ALVES, SOBRINHO e CARVALHO, 2004). Assim, o biodiesel tem várias justificativas, sejam econômicas, sociais e ambientais (URQUIAGA, ALVES e BODDEY, 2004). Segundo estes autores, as vantagens ambientais para seu uso em veículos vêm de duas prováveis fontes: da possível diminuição das emissão de gases ou partículas prejudiciais à saúde humana ou ao meio ambiente (monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de enxofre e nitrogênio), e a diminuição da emissão dos gases do “efeito estufa” (principalmente o dióxido de carbono).

No semiárido do Nordeste do Brasil a produção de biodiesel a partir do óleo de mamona, tem recebido grande destaque. Entretanto, além da mamona existem diversas outras oleaginosas adaptadas ao clima desfavorável da região, tais como a oiticica, catolé, girassol e pinhão-manso, segundo informações de Melo et al. (2006), que determinaram, pelo método da extração do óleo com hexano, um teor médio de óleo de 42% em amêndoas das sementes de pinhão-manso.

Arruda et al. (2004) citam pesquisas nas quais o óleo de pinhão apresentou bom rendimento em motores a diesel, quando utilizado cru, contudo, seu consumo é maior devido à diferença do poder calorífico com relação ao diesel, o que também é descrito por Augustus et al. (2002) para os quais este óleo deve ser usado como fonte energética intermediária.

Melo et al. (2006) demonstraram em avaliação preliminar do óleo de pinhão-manso para fins combustíveis, que o processo de transesterificação não só foi satisfatório, como também o biocombustível produzido, que se apresentou dentro dos

padrões da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para uso tanto em substituição quanto em mistura ao óleo diesel.

De acordo com Beltrão (2005) e Saturnino et. al. (2005), no Brasil a principal matéria-prima para a produção de biodiesel se encontra entre plantas oleaginosas como a mamona (*Ricinus communis* L.), dendê (*Elaeais guineensis*), amendoim (*Arachis hypogaea* L), canola (*Brassica napus* L. var. *Oleifera* Moench), soja (*Glycine max* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), babaçu (*Orrbignya speciosa* Mart.), gergelim (*Sesamum indicum* L) e, possivelmente, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).

3.5 Agricultura irrigada

3.5.1 Irrigação

Sabe-se que a irrigação é uma técnica utilizada na agricultura cujo objetivo é o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e a sobrevivência da plantação. Complementa a precipitação natural e em certos casos, enriquece o solo com a deposição de elementos fertilizantes. O surgimento da irrigação foi fundamental ao florescimento da civilização e os ganhos de produtividade agrícola permitidos por ela são em, grande parte, os responsáveis pela viabilidade da alimentação da população mundial.

Segundo Fernandez e Garrido (2002) considera-se água para a agricultura irrigada o volume desse recurso natural que não é suprido naturalmente por meio de chuvas, necessário à aplicação artificial aos cultivos, de forma a otimizar seu desenvolvimento biológico.

Por meio da irrigação pode-se intensificar a produção agrícola regularizando, ao longo do ano, as disponibilidades e os estoques de cultivares, uma vez que esta prática permite uma produção na contra-estação. Além disso, a agricultura irrigada reduz as incertezas, prevenindo o agente econômico (irrigante) contra a irregularidade das chuvas, anual e interanual.

A irrigação representa uma das mais importantes estratégias agrícolas no sentido de atender à crescente demanda alimentar impulsionada pelo aumento acelerado da população mundial, verificado nas últimas décadas. A agricultura irrigada garante a

produção de alimentos em bases sustentáveis e com segurança, mesmo em períodos de escassez de chuvas (CHRISTOFIDIS, 2003).

Além de problemas gerados pela escassez das águas mal administradas, outro dano grave gerado pelo manejo incorreto da irrigação é a salinização. Nas regiões áridas e semiáridas irrigadas a salinidade do solo é um dos importantes fatores que afetam o rendimento dos cultivos, limitando a produção agrícola e causando prejuízos. Nessas regiões, caracterizadas pelos baixos índices pluviométricos e intensa evapotranspiração, a baixa eficiência da irrigação e a drenagem insuficiente contribuem para a aceleração do processo de salinização, tornando-as improdutivas em curto espaço de tempo.

3.5.2 Reúso de água

A substituição das fontes de coleta de água para os múltiplos usos é, atualmente, a melhor alternativa para satisfazer as demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres. Com efeito, as águas ditas de qualidade inferior podem, através do uso de tecnologias apropriadas, servir como fonte alternativa e como uma das soluções para o problema da falta de água.

A reutilização ou o reúso de água ou, ainda, o uso de águas residuárias não são conceitos novos e têm sido praticados em todo o mundo, há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reúso planejado da água um tema atual e de grande importância.

Diante do perfil de escassez e comprometimento da qualidade da água nas diversas localidades, surge a criação de instrumentos que estimulem o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de garantir economia desse recurso natural e a racionalização do uso da água.

A Lei nº 9.433/97, de 08/01, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), também oferece fundamentos jurídicos para a racionalização do uso da água e, conseqüentemente condicionantes legais para o reúso da água, alternativa viável na preservação e conservação ambiental. A Lei tem como um de seus objetivos, “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável”; define também, como conteúdo mínimo dos planos de recursos hídricos, “as metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos

recursos hídricos disponíveis”; com relação à cobrança, tem como objetivo “incentivar a racionalização do uso da água”.

No Brasil a Resolução CONAMA 20/1986, revogada pela 357 de 17 de março de 2005, trata da classificação das águas, de acordo com suas utilizações e respectivos padrões de qualidade.

O CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) publicou, nesta quarta-feira (16/03), no DOU (Diário Oficial da União) a Resolução 121/2010, que estabelece as diretrizes e os critérios para a prática de reúso direto de água não potável para a modalidade agrícola e florestal. De acordo com o texto, a aplicação de água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode apresentar riscos nem causar danos ambientais e à saúde pública. Além disso, o produtor da água de reúso é responsável pelas informações constantes da caracterização e monitoramento da qualidade desta água.

Dentro desta ótica os esgotos tratados exercem um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, como substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros.

Segundo Beekman (1996) como a demanda pela água continua a aumentar, o retorno das águas servidas e seu reúso vêm-se tomando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, tanto em regiões áridas como em regiões úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável. Por meio do planejamento integrado dos recursos águas natural e águas servidas, a reutilização pode propiciar flexibilidade suficiente para o atendimento das demandas de curto prazo, assim como assegurar o aumento da garantia no suprimento de longo prazo.

Embora a aplicação de resíduos ao solo esteja se tornando mais difundida como regulamento das autoridades para proteger a qualidade de água, ainda não está bem claro se o solo é de fato, o local mais apropriado para receber todos os resíduos gerados pela ação antrópica (CAMERON et al., 1997).

Feigin et al. (1991) consideram o reúso agrícola, mediante aplicação de efluentes na irrigação de cultivos agrícolas e parques, como o propósito mais razoável e mais praticável do reúso; isto se baseia principalmente na elevada demanda hídrica do setor agrícola, o qual é responsável por aproximadamente 70% do total de água captado podendo chegar a até 85 % em áreas de clima seco, figurando como a atividade que

mais consome recursos hídricos (AYERS e WESTCOT, 1999; HESPANHOL, 2002; CHRISTOFIDIS, 2003; CAPRA e SCICOLONE, 2004).

Hespanhol (2003) relata que o setor agrícola depende de água em um nível muito elevado e para que a sustentabilidade da produção de alimentos possa ser mantida, critérios inovadores de gestão devem ser estabelecidos e implementados em curto prazo. Assim, o tratamento e o reúso de águas de qualidade inferior constituem os mais atuais instrumentos para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos nacionais.

Água residuária é um termo usado para caracterizar os dejetos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, as de estabelecimentos públicos, áreas agrícolas; de superfície, de infiltração, pluviais e outros efluentes sanitários (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994; JORDÃO e PESSOA, 1995; BRAGA et al., 2002).

O poder poluente das águas residuárias domésticas será maior quanto mais elevada for a concentração de matéria orgânica. Esta concentração é medida principalmente pela Demanda Bioquímica e Oxigênio - DBO e Demanda Química de Oxigênio - DQO, (MENDONÇA, 1990).

De acordo com Sousa e Leite (2003), os esgotos domésticos, além de apresentar elementos contaminantes, possuem nutrientes suficientes para o desenvolvimento das culturas, apresentam altas concentrações de carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, elementos indispensáveis às plantas.

Dentre os principais sistemas de disposição de águas residuárias no solo (irrigação, infiltração, percolação e escoamento à superfície), a irrigação de culturas tem sido o método mais acessível e eficiente, particularmente nos países em desenvolvimento onde não há uma política para o custo de tratamento das águas residuárias (FEIGIN et al., 1991).

Gomes Filho et al. (2001) afirmam que, na exploração pecuária, os dejetos diluídos, a água desperdiçada em bebedouros e a água de lavagem das instalações para criação em regime de confinamento, geram grandes volumes de águas residuárias, as quais são fontes significativas de poluição ambiental.

Portanto, o tratamento das águas residuárias e o desenvolvimento de pesquisas que estudem as relações com o sistema água-solo-planta, tornando-se fatores de primordial importância para o sucesso da prática do reúso agrícola.

3.6 Tratamento de esgotos domésticos

De acordo com Hespanhol (2002), o nível de tratamento a ser aplicado em efluentes de esgoto deve basear-se na qualidade da água utilizada e no objeto específico do reúso. Na depuração de águas residuárias domésticas para fins de reúso agrícola, objetiva-se reduzir a concentração dos seguintes componentes: sólidos em suspensão, matéria orgânica, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e micro-organismos patogênicos (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

Para atingir este fim as águas residuárias passam por processos de tratamento que, segundo Souza e Leite (2003) podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos se caracterizam pela remoção dos constituintes fisicamente possíveis de separação, tais como sólidos grosseiros, flutuantes e decantáveis; os processos químicos se caracterizam pela adição de produtos químicos à água a ser tratada, destacando-se os processos de floculação, precipitação e oxidação.

Sobre a escolha do tratamento, Andrade Neto et al. (1999), afirmam que não existe um tipo de sistema de tratamento de esgoto indicado como melhor, para quaisquer condições, atendendo integralmente a todos os requisitos; no entanto, quando se escolhe criteriosamente um sistema que se adapta às condições locais e aos devidos objetivos, uma boa relação custo/benefício é obtida.

Diversas tecnologias se apresentam em posição de destaque para tratar esgotos. Sousa e Leite (2003) destacam, como um dos principais processos biológicos utilizados atualmente, além dos sistemas aeróbios como lodos ativados e suas variantes, os sistemas anaeróbios, em especial os reatores UASBs e os sistemas de lagoas de estabilização os quais, aliados a condições ambientais adequadas (alta temperatura) aceleram os processos de tratamento, apresentam relativamente baixo custo, simplicidade operacional, baixa produção de sólidos, não consomem energia e não necessitam de equipamentos eletroeletrônicos, possibilidade de paradas e reinício rápido, além de elevada concentração do lodo excedente – consequente facilidade no desaguamento do lodo.

O esgoto a ser tratado pelo UASB é introduzido na base do reator através de tubulações de distribuição, ascendo entre o manto de lodo formado, onde ocorre a maior parte da biodegradação da matéria orgânica. Segundo Chernicharo et al. (1999), os micro-organismos decompositores presentes no reator formam grânulos de 1 a 5 mm

que se mantém em suspensão, devido ao fluxo ascendente do efluente a ser tratado. Desta forma, enquanto o líquido atravessa o manto formado por esses grânulos, os microorganismos digerem a matéria orgânica contida no líquido e nos sólidos em suspensão.

Após o manto de lodo denso, o líquido encontra uma camada de lodo mais dispersa e menos densa, até chegar ao topo, onde passa por bolhas de gás, é separado do líquido efluente no separador, retornando por gravidade ao fundo do reator. O gás, por sua vez, é também separado, deixando o líquido e sendo conduzido por um sistema de coleta que o leva para fora do reator, onde pode ser queimado com o uso de um queimador ou disperso na atmosfera (Figura 7).

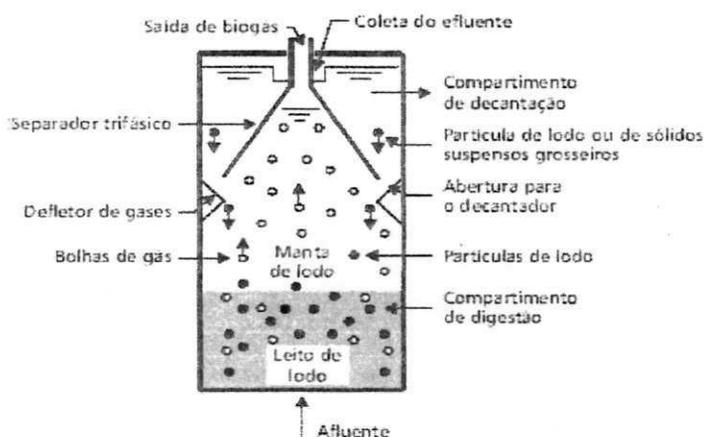


Figura 7. Esquema de funcionamento de um reator UASB – Adaptado de Chernicharo et al., 1999

Neste sentido, a utilização do reator anaeróbico de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), poderá ser uma solução para o tratamento secundário de esgotos, uma vez que este reator, quando operado adequadamente, remove DQO e DBO₅ com eficiência superior a 60 e 70%, respectivamente, com tempo de detenção hidráulica curto, 0,25 dia. No entanto, é necessário que o efluente advindo do UASB seja submetido a um pós-tratamento a fim de remover, sobretudo, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e organismos patogênicos (SOUSA et al., 2004).

3.7 Adubação nitrogenada

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para o crescimento das plantas sendo exigido em grandes quantidades em comparação aos demais macronutrientes (K, Ca, S, P e Mg). Nas situações em que ocorre deficiência de nitrogênio, as plantas apresentam sintomas típicos, como clorose generalizada das folhas mais velhas e redução no crescimento. Apesar da sua grande importância na nutrição dos vegetais, o nitrogênio não é encontrado na forma disponível e em quantidades suficientes para o suprimento adequado da maioria das plantas cultivadas no solo. São praticamente inexpressivas as quantidades encontradas em rochas e minerais devido à solubilidade e instabilidade química dos compostos nitrogenados minerais.

Quantidades consideráveis de nitrogênio em rochas são observadas somente nas formas de sais NaNO_3 e KNO_3 nas regiões desérticas do Chile e Índia. A atmosfera, que apresenta cerca de 78% de nitrogênio gasoso em volume, é uma reserva praticamente inesgotável do nutriente e de onde provém a maior parte do N utilizado na agricultura e fixado através de processos industriais, como a síntese de amônia pelo processo Harber-Bosch (EPSTEIN, 1975), ou biológicos como a fixação biológica do N por micro-organismos associativos de vida livre. Nos solos, o nitrogênio pode estar presente nas formas inorgânicas ou orgânicas com predomínio desta última, que pode compreender mais de 98% do conteúdo total de N (RAIJ, 1991).

O pinhão-mansão sobrevive bem em solos pobres e secos, podendo desenvolver-se em áreas marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas porém para se obter altas produtividades, deve-se pensar em solos com boa fertilidade, corrigidos e com bom teor de umidade (TOMINAGA et al., 2007).

O solo de plantio deve conter elevado teor de nutrientes, pois na fase de muda o sistema radicular do pinhão-mansão tem baixa eficiência de absorção; além disso, a planta entra em produção já no primeiro ano de cultivo e, quanto melhor for o seu estabelecimento inicial no campo maior será a produtividade inicial da cultura (DIAS et al., 2007).

A fertilização correta com níveis adequados de nutrientes é o fator de maior importância sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura do pinhão-mansão, sendo responsável por cerca de 60% da produtividade final obtida.

3.7.1 A Torta de mamona como adubo orgânico

A adubação orgânica é uma prática agrícola muito utilizada para a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo, atuando no fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions (SEVERINO et al., 2006a), e na complexação de elementos tóxicos a exemplo do alumínio trocável (LIMA et al., 2007) e de micronutrientes, estruturação do solo, infiltração e retenção de água, aeração e redução da compactação do solo (COSTA et al., 2006).

A nutrição e a adubação mineral exercem grande influência no processo de crescimento e desenvolvimento pois se por um lado possibilitam o aumento de produtividade, por outro os custos financeiros com esta prática são elevados, fazendo-se necessário otimizar seu uso, com a finalidade de se obter o maior rendimento com menor custo possível (CARVALHO, 1998); uma outra forma de otimizar este processo é a utilização de fontes de nutrientes oriundos da propriedade, como é o caso do uso dos fertilizantes orgânicos, por exemplo, a torta da mamona.

A incorporação de materiais orgânicos ao solo afeta a dinâmica dos micro-organismos o que favorece a disponibilidade de nutrientes às plantas (Severino et al., 2004). Segundo Malavolta et al. (1997) a incorporação de matéria orgânica no solo promove mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas, pois melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes.

O composto de lixo orgânico, uma vez decomposto, pode ser um excelente fertilizante natural; existe em abundância em todos os estabelecimentos rurais e urbanos e pode substituir com eficiência os fertilizantes químicos que são dispendiosos economicamente (BARRETO, 1995).

A definição da torta da mamona, para Azevedo e Lima (2001), é o resíduo da extração do óleo das sementes da mamoneira (*Ricinus communis*). Trata-se de um produto com elevado teor de proteínas, produzido na proporção aproximada de 1,2 tonelada para tonelada de óleo extraída.

Em comparação com outros fertilizantes orgânicos nitrogenados, a torta apresenta a maior quantidade de N, na proporção de 37,7 kg ton⁻¹, enquanto esterco bovino, esterco misto e torta de algodão apresentam, respectivamente, 3,4 kg ton⁻¹, 5,0 kg ton⁻¹ e 31,3 kg ton⁻¹ (BELTRÃO, 2002).

Segundo Lima et al. (2006), a torta de mamona, isolada em pequenas quantidades, contribui para o crescimento adequado das plantas; contudo, a aplicação de casca de mamona pura, como fertilizante orgânico, não é recomendável.

A torta de mamona vem sendo utilizada como adubo desde meados do século passado, em diversos países, inclusive no Brasil, inicialmente na cultura do café. É aconselhável que a torta, sendo usada como adubo, passe pelo processo de destoxicação e desalerginização visto que sua aplicação pode causar alergia aos trabalhadores e aos moradores das proximidades para onde a poeira da torta pode ser levada pelo vento, além de poder provocar intoxicação em animais domésticos; por outro lado, é provável que a desintoxicação diminua; esta também apresenta efeitos nematicidas como aqueles citados por Sampaio et al., (2006) e Damasceno et al., (2006).

Estudos realizados por Severino et al. (2006b) indicam que a casca e a torta de mamona apresentam quantidades elevadas de alguns nutrientes. Contudo, para aumentar a eficiência da adubação com estas fontes orgânicas é conveniente sua complementação com fertilizantes minerais, haja vista que esses materiais apresentam limitações quanto a alguns nutrientes. O uso de casca e torta de mamona de forma combinada poderá disponibilizar, às plantas, quantidades suficientes de nutrientes, dispensando uso complementar de fertilizante mineral.

De acordo com Severino (2005), a torta é o principal subproduto da cadeia produtiva da mamona, produzida a partir da extração do óleo das sementes desta oleaginosa. Trata-se de produto com elevado teor de proteínas que é produzido na proporção aproximada de 1,2 tonelada para cada tonelada de óleo extraída, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente (AZEVEDO e LIMA, 2001).

Em todo o mundo seu uso tem sido predominantemente como adubo orgânico, embora possa obter valor significativamente maior se utilizada como alimento animal, aproveitando o alto teor de proteínas. No entanto, o autor afirma que este uso não tem sido possível até o presente momento, devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos em sua composição e à inexistência de tecnologia viável em processo industrial para seu processamento.

Conforme Severino (2004) citado por Santos (2009), a velocidade de mineralização da torta medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que o bagaço de cana.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido nos meses de março a dezembro de 2009, em campo, em área não coberta pertencente à Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA). No local se situam a Estação de Tratamento Biológico de Esgotos (EXTRABES) e o grupo de pesquisa do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), em Campina Grande, PB, de acordo com a Figura 8.

Campina Grande está situada na mesorregião do Agreste Paraibano, zona oriental e trecho mais escarpado do Planalto da Serra da Borborema; apresenta relevo fortemente ondulado, com curvas de nível variando entre 500 e 600 m acima do nível médio do mar; as coordenadas geográficas são 7°13'50'' S de latitude, 35°52'58' W de longitude; o clima local é classificado como mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco com duração de 4 a 5 meses ao ano e chuvas de outono e inverno (IBGE, 2004).

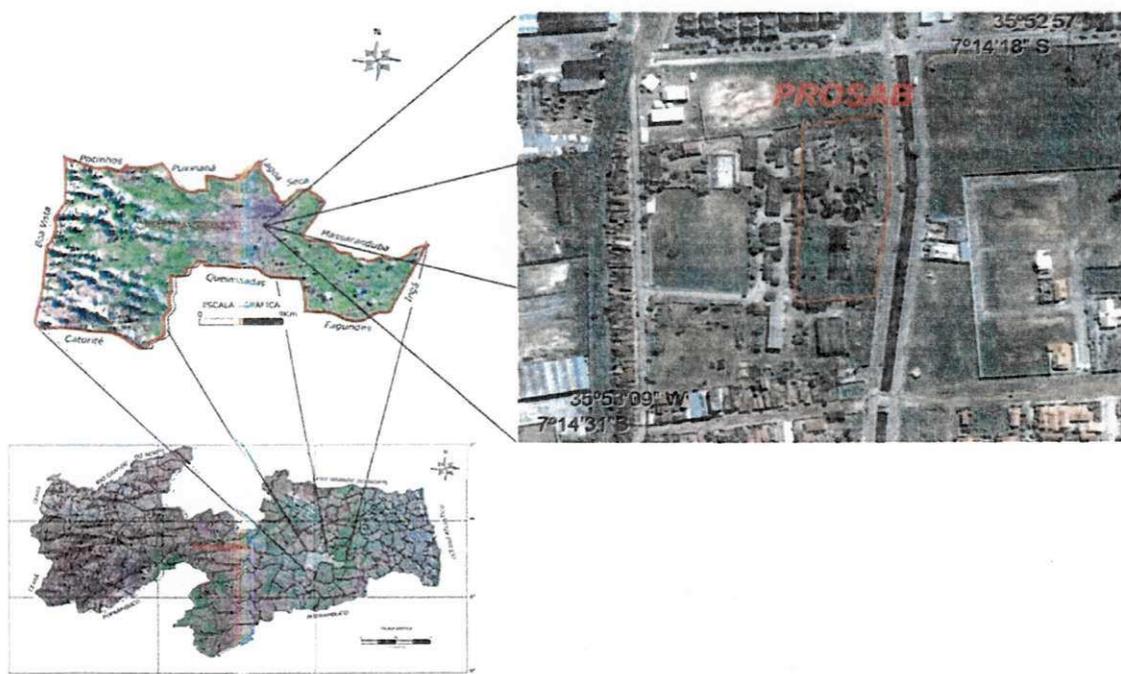


Figura 8. Localização do PROSAB - Cidade de Campina Grande, PB

Fonte: <http://geo.aesa.pb.gov.br>

De acordo com a classificação climática de Koeppen, adaptada ao Brasil (Coelho e Socin, 1982), o clima da região é AWi, caracterizado como clima tropical chuvoso (megatérmico) com total anual médio de chuva (P) em torno de 750 mm e

temperatura do ar média mensal, em todos os meses, superior a 18 °C, em que a estação seca se translada do outono para o inverno.

Os fatores climáticos são fundamentais para se obter um bom desempenho vegetativo e produtivo das espécies cultivadas, haja vista que estes interferem diretamente nos processos morfofisiológicos da planta como, por exemplo, o processo fotossintético, em que a água, a energia solar e o gás carbônico, participam ativamente proporcionando a formação e constituição estrutural do vegetal. Na Figura 9 se observam os índices de precipitação total e evapotranspiração de referência (E_t_0) durante a condução do experimento no Município de Campina Grande, PB.

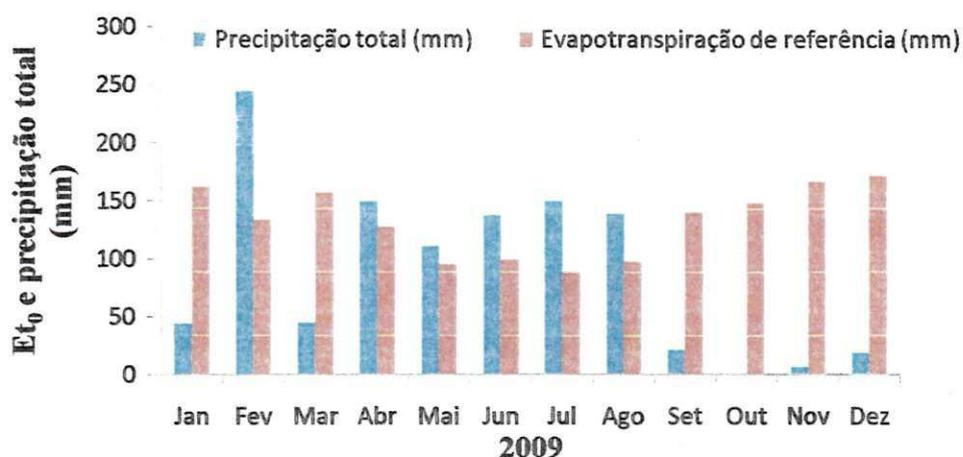


Figura 9. Comportamento dos índices de precipitação absoluta e evapotranspiração de referência ao longo do período experimental de março a dezembro de 2009

4.2 Cultura utilizada e Formação de mudas

A espécie utilizada foi o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). O genótipo do pinhão-mansão foi o de Garanhuns, PE.

As mudas foram produzidas em tubetes (200 cm³), no PROSAB/CG-PB; suas sementes foram cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Algodão/CG - PB. A semeadura foi realizada após seleção e eliminação de sementes defeituosas ou com danos mecânicos, no dia 09/03/2009; antes da semeadura as sementes foram pré-embebidas para realizar a quebra de dormência e facilitar a germinação; os tubetes foram preenchidos com substrato orgânico esterilizado, aproximadamente a 2 cm de profundidade. O substrato foi mantido a umidade de

capacidade de campo para possibilitar a seleção das plantas mais vigorosas, por ocasião do transplantio.

4.3 Recipientes e Material de solo

Foram utilizados recipientes de drenagem no total de 32 (trinta e duas) unidades, com capacidade de 200L ($D = 0,58$ m e $h = 75$ cm). Cada um dos recipientes sofreu uma perfuração a 5 cm do fundo na lateral no qual se acoplou, em seu orifício, uma torneira capaz de permitir a drenagem. Todos foram pintados de cor prata fosca, tendo-se em vista amenizar os efeitos dos raios solares emitidos por esta cor. O sistema de drenagem foi composto de tela de nylon, 5,0 L de brita, 5,0 L de areia e um recipiente coletor de 2 litros.

O solo utilizado para preenchimento dos recipientes foi proveniente do Bairro Multirão, Município de Campina Grande, PB, coletado nos primeiros 20 cm da camada superficial; as amostras foram secadas ao ar, passadas em peneira de 2.0 mm de abertura de malha e encaminhadas para a caracterização química, no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba –UFPB; o solo foi classificado como Neossolo Regolítico Psamítico Solódico (EMBRAPA, 1999), de textura franco-arenosa, baixa fertilidade natural e baixo teor de matéria orgânica. São solos com horizonte superficial arenoso, elevada taxa de infiltração, susceptíveis a erosão e podem apresentar impedimento se manejados de forma racional, passíveis de boa produtividade. A caracterização físico-química do solo foi determinada através da metodologia proposta pela Embrapa (1997), em que os resultados se encontram nas Tabelas 1 e 2.

Após o preenchimento dos lisímetros (293 kg de solo), foi realizada uma irrigação, com a finalidade de elevar a umidade do solo a capacidade de campo.

Tabela 1. Características físicas do material do solo utilizado no experimento

Areia		Silte	Argila	Ada	GF	Ds	Dp	Pt
Grossa	Fina							
		g/kg				g/cm ³		m ³ /m ³
589	297	68	46	25	456	1,37	2,64	0,48

Ada: Argila dispersa em água; GF: Grau de flocculação; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partículas; Pt: Porosidade total
Análise realizada no Laboratório de Química e Fertilidade da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB, 2008

Tabela 2. Características químicas do material do solo utilizado no experimento

pH	P	K⁺	Na⁺	H^{+Al+3}	Al⁺³	Ca⁺²	Mg⁺²	SB	CTC	V	M	M.O
	---- mg/dm ³ ----		-----cmol./dm ³ -----					-----%-----		-- g/kg--		
6,33	3,59	72,36	0,17	1,40	0,00	1,35	0,45	2,16	3,56	60,67	0,00	3,98

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB, 2008

4.4 Instalação do experimento

O transplântio das mudas foi realizado no dia 06 de março de 2009, quando as mudas se encontravam com 17 dias após a emergência; neste período, as plantas jovens de pinhão-mansão se encontravam com a segunda folha definitiva. Em cada recipiente foi transplantada uma muda, previamente selecionada de maneira homogênea conforme seu vigor. As mudas transplantadas foram irrigadas diariamente, mantendo-se o solo em condições de capacidade de campo. Antes do transplântio as mudas contidas nos tubetes foram irrigadas abundantemente, para facilitar a remoção dos recipientes e o pegamento após o transplântio.

4.5 Adubação

Realizou-se a adubação apenas uma vez com o acréscimo da torta da mamona cedida pela EMBRAPA Algodão/CG, PB. A composição química da torta de mamona é representada na Tabela 3. A proporção acrescida variou de acordo com os tratamentos estabelecidos para sua avaliação e notadamente em relação ao teor de nitrogênio contido nesse adubo orgânico, Tabela 4. A adubação foi realizada de modo convencional, em fundação, em cada cova, introduzida em sua totalidade no solo 30 dias antes do transplântio. A aplicação de micronutrientes foi realizada aos 15 dias após o transplântio das mudas.

Tabela 3. Composição química da torta de mamona, cultivar BRS Nordestina

Componentes	Porcentagem (%)
Nitrogênio	4,00
Fósforo	3,11
Potássio	0,66
Cálcio	0,75
Magnésio	0,51

Fonte: Dados obtidos do Laboratório de Química da Embrapa Algodão (2009)

Tabela 4. Quantidade de fertilizantes utilizados por tratamento no experimento

DOSES	FERTILIZANTE – (g/planta)	FERTILIZANTE – (ton/ha ⁻¹)
kg N ha ⁻¹	Torta de Mamona	Torta de Mamona
50	1.600	1.25
100	3.185	2.50
150	4.776	3.75
200	6.370	5.00

Fonte: Epitácio (2009)

4.6 Determinação das lâminas de irrigação

Após o transplântio o manejo da irrigação foi realizado diariamente com reposição da evapotranspiração da cultura, de acordo com a Equação 1:

$$E_{tc} = E_{to} \times K_c \quad \text{Eq. 1}$$

em que:

E_{tc} = Evapotranspiração da cultura, em mm dia⁻¹

E_{to} = Evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹

K_c = Coeficiente de cultivo

A E_{to} foi calculada pelo método do Tanque Classe "A", a partir dos dados meteorológicos obtidos no período de março a dezembro de 2009 apresentados pela estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/

CNPA (latitude: 7° 13' S, longitude: 35° 52' W e altitude: 547,56 m), Campina Grande, PB, aplicando-se a Equação 2:

$$Et o = Kp \times Ev \quad \text{Eq.2}$$

em que:

Kp = Coeficiente de tanque;

EV = evapotranspiração do tanque, em mm dia⁻¹

Adotou-se um coeficiente de tanque de 0,75, de acordo com as características da estação meteorológica da EMBRAPA/CNPA, Campina Grande, PB e se utilizou um coeficiente de cultivo para cada fase fenológica da cultura analisada tomando como base o coeficiente de cultivo da mamona estimado por Andrade Junior (2008) para cada fase fenológica da cultura.

4.7 Águas de irrigação

Os tipos de água utilizada para a irrigação da cultura do pinhão-mansão, foram: água potável (AP) e efluente doméstico tratado em reator UASB (AR).

A água potável (AP) proveio da rede de abastecimento público de água da cidade de Campina Grande/PB. Esta água foi armazenada em uma caixa d'água de fibra com volume de 500 L; a caixa d'água foi colocada sob uma plataforma de concreto, fazendo-se com que a água fosse aduzida por gravidade; a caixa d'água permaneceu fechada durante todo o experimento, evitando, assim, a entrada de pequenos animais e insetos para o seu interior, preservando a qualidade da água.

A água residuária (AR), utilizada foi efluente decantado de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB)- sigla para Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Figura 10) instalado no Programa de Saneamento Básico de Campina Grande (PROSAB) o qual trata o esgoto bruto doméstico proveniente de bairros circunvizinhos à região do Catolé, localizado na Cidade de Campina Grande, PB.



Figura 10. Reator UASB

Epitácio (2009)

O funcionamento do reator se deu através da alimentação, de forma contínua com esgoto doméstico bruto, captado através de uma bomba submersa instalada dentro do poço de visita na localidade experimental e lançado em um tubo de PVC dotado de uma boia controladora de nível e tinha a função de reservatório distribuidor, onde por gravidade o esgoto era conduzido até o tanque de alimentação do sistema. Não se aplicou nenhuma substância química que pudesse mudar a natureza do esgoto bruto.

As características físicas e operacionais do reator UASB, utilizado, são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Características físicas e operacionais do reator UASB

Características Físicas e Operacionais	Valores
Forma de Operação	Contínua
Tempo de Detenção Hidráulica -TDH (h)	8,0
Vazão afluyente (m ³ /dia)	4,0
Substrato	Esgoto Bruto

Fonte: Epitácio / PROSAB, CG, PB (2009)

A caracterização físico-química da água residuária (AR) foi determinada no Laboratório de Análises Químicas, Físicas e Microbiológicas do PROSAB- CG, PB, e a água de abastecimento (AB) foi realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), UFCG/CTRN, de acordo com as metodologias propostas pela EMBRAPA (1979).

Calculou-se a razão de adsorção de sódio (RAS) através dos dados obtidos. A caracterização química das duas fontes de água utilizada na irrigação do pinhão-manso durante a realização do experimento encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6. Composição físico-química da água de abastecimento e água residuária utilizada no experimento

Água	pH	CEa dS m ⁻¹	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	HCO ₃	Cl ⁻	Classe	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}
Residuária	7,50	0,38	36,0	22,8	92,00	7,02	Presente	18,00	142,0	C2S1	3,36
Abastecimento	8,30	2,09	54	28,8	207,0	34,41	Presente	91,83	328,38	C3S2	1,45

^{0,5}Razão de Adsorção de Sódio. Análises realizadas pelo Laboratório de Irrigação e Saúde (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), PB, 2010

4.8 Tratamentos e Delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial (4 x 2), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais sendo os fatores um tipo de fertilizante (torta de mamona), aplicado em quatro doses (50, 100, 150, 200 kg N ha⁻¹) e dois tipos de água de irrigação (abastecimento urbano e residuária tratada) como pode ser visto no croqui (Figura 11).

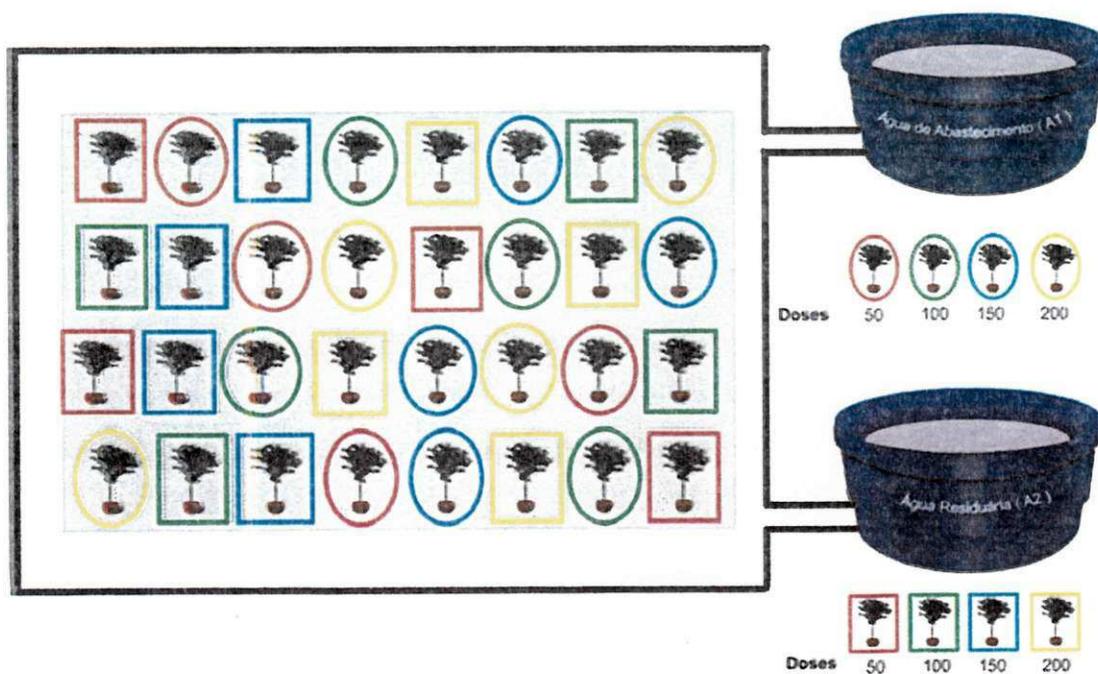


Figura 11. Croqui do experimento instalado em ambiente externo. PROSAB-CG, PB

4.9 Controle de pragas e ervas daninhas

Para o controle fitossanitário no experimento foram realizadas amostragens periódicas, para que fosse possível avaliar os danos e adotar o método de controle mais eficaz e preventivo ao ataque de pragas e doenças. Embora o pinhão-manso seja uma planta rústica pouco atacada por pragas e doenças e que de acordo com Saturnino (2005) foram observados ataques severos do ácaro branco no mês de março de 2006, em Eldorado, MS e Nova Porteirinha, MG. Segundo este autor, a cultura em evidência pode ser atacada por tripes, ácaro vermelho, percevejos fitófagos (*Pachicoristorridus*), cigarrinha verde (*Empoasca* sp.) e cupins. Têm sido encontrados na cultura do pinhão-manso maiores problemas com pragas que com doenças havendo que há necessidade de desenvolvimento de formas de controle de insetos diagnosticado por Úngaro e Reginato Neto (2004).

Sendo assim, este controle, que na maioria das vezes foi preventivo, foi realizado por meio da utilização de um pulverizador costal, bico tipo leque, submetido a leve calibração com aplicação direta de um acaricida sistêmico e de contato com grupo químico Avermectina na dosagem de 2 ml L⁻¹; posteriormente foram realizadas capinas durante o período de instalação e desenvolvimento do experimento, mantendo-se a planta livre de ervas daninhas e se eliminando manualmente, algumas vezes, as que, porventura surgiam.

4.10 Variáveis primárias do crescimento

As variáveis foram mensuradas e analisadas visando avaliar o crescimento de uma cultura agrícola, dentre as quais são citados: altura de planta, diâmetro de caule, número de folhas, área foliar, matéria fresca total, matéria seca total, a produção de frutos e a qualidade da produção (LOMBARDI et al., 2000).

4.10.1 Altura de planta (AP) e Diâmetro caulinar (DC)

A altura das plantas e a espessura do caule são variáveis fáceis de serem visualizadas e medidas quando se deseja avaliar o crescimento de uma cultura. Conhecido o ciclo vegetativo da planta após a realização dessas medidas, de imediato é possível dizer se determinada cultura se encontra em boa ou má fase de

desenvolvimento. A altura das plantas foi determinada, inicialmente, aos 23 dias após o transplante (DAT), no início da aplicação dos tratamentos; posteriormente foram realizadas medições dessa variável a cada 42 dias, aos 84, 126 e 168 DAT.

A altura da planta de uma espécie é determinada pela expressão de diversos fatores como o espaçamento entre plantas, espaçamento entre fileiras, suprimento de água, fertilidade do solo, potencial genético de cada cultivar e época de semeadura.

A variável altura de planta foi determinada com fita métrica (cm), adotando-se como critério de determinação, a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal, conforme Figura 12.

A determinação da variável diâmetro caulinar das plantas de pinhão-manso, ocorreu nos mesmos períodos da variável altura das plantas; as leituras (mm) foram realizadas no colo da planta a uma altura aproximada de 5 cm, utilizando-se um paquímetro (Figura 13).



Figura 12. Avaliação da variável de crescimento altura de planta
Epitácio (2009)



Figura 13. Avaliação da variável de crescimento diâmetro caulinar
Epitácio (2009)

4.10.2 Número de folhas (NF) e Área foliar (AF)

A medição da área foliar serve não só para avaliar o desenvolvimento das plantas mas também para estudos agronômicos e fisiológicos. Diversos são os métodos

utilizados para estimar a área foliar, como o emprego de medidores eletrônicos e técnicas de planimetria (KVET e MARSHALL, 1971). Em razão do método eletrônico ser de custo muito elevado, a estimativa da área foliar pode ser feita por meio de medições simples e não destrutiva, conhecida como método das dimensões.

A variação temporal da área foliar em uma cultura agrícola, segundo Monteiro et al. (2005), depende das condições edafoclimáticas, da cultivar e da densidade populacional, entre outros fatores. Comumente, a área foliar aumenta até um valor máximo e, em seguida, diminui em função da senescência da folha, caso em que, quanto mais rápido a planta se desenvolver mais tempo a área foliar permanecerá ativa e, conseqüentemente, maior também será sua produtividade biológica.

O número de folhas por planta foi determinado a cada 42 DAT assim como a altura de plantas e o diâmetro caulinar. A contagem de folhas foi realizada com ajuda de um aparelho digital (Figura 14). Foram considerada na contagem, as folhas com tamanho igual ou superior a 5 cm, aproximadamente.



Figura 14. Aparelho digital utilizado para contagem de folhas

Epitácio (2009)

A área foliar por planta foi estimada com base em uma amostra de pelo menos 25% do número de folhas da planta utilizando-se valores de comprimento de nervura principal (P) conforme metodologia proposta por Severino et al. (2006), Equação 3.

$$AF = 0,89 \times P^2 \quad \text{Eq.3}$$

em que:

AF = área foliar (m²)

P = Comprimento da nervura principal (cm)

4.11 Variáveis fisiológicas do crescimento

4.11.1 Taxas de crescimento absoluto em altura de plantas e diâmetro caulinar

A taxa de crescimento absoluto em AP e DC foi determinada a partir dos resultados das variáveis de crescimento altura de plantas e diâmetro caulinar, Equações 4 e 5, nos períodos 42 -84, 84 - 126, 126 - 168, DAT, de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (2000).

$$TCA(AP) = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Eq. 4}$$

$$TCA(DC) = \frac{DC_2 - DC_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Eq. 5}$$

em que:

TCA AP = Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (cm dia⁻¹);

AP₁ = Altura da planta no tempo t₁ (cm cm dia⁻¹);

AP₂ = Altura da planta no tempo t₂ (mm mm dia⁻¹);

TCA DC = Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (mm dia⁻¹);

DC₁ = Diâmetro caulinar no tempo t₁ (mm);

DC₂ = Diâmetro caulinar no tempo t₂ (mm).

4.11.2 Taxas de crescimento relativo em altura de plantas e diâmetro caulinar

Seguindo os mesmos procedimentos utilizados na determinação da taxa de crescimento absoluto em altura e diâmetro caulinar das plantas, obteve-se a taxa de crescimento relativo dessas variáveis (TCR AP e TCR DC), conforme Silva et al. (2000), aplicando-se as Equações 6 e 7.

$$TCR(AP) = \frac{\ln AP_2 - \ln AP_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Eq. 6}$$

$$TCR(CD) = \frac{\ln DC_2 - \ln DC_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Eq. 7}$$

em que:

TCR AP = Taxa de crescimento relativo em altura de plantas (cm dia⁻¹);

TCR DC = Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (mm dia⁻¹).

4.12 Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos a análises de variância, de médias e de regressões polinomiais, utilizando-se o programa SISVAR-ESAL, proposto por Ferreira (2000). Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, enfim, para o fator quantitativo doses de adubo orgânico (torta de mamona) e, na análise dos valores primários de crescimento, os tratamentos foram dispostos em esquema de parcela submetida no tempo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis primárias do crescimento

5.1.1 *Altura de planta (AP)*

Em se tratando da altura de plantas, cujo resumo das ANOVAS se encontra na Tabela 7, nenhum dos tratamentos testados apresentou efeito significativo, sendo que a dose de 100 kg N ha⁻¹ (3,185g N/planta) apresentou melhores resultados na maioria dos períodos estudados (42, 84 e 168 DAS). Esta influência positiva pode ser atribuída ao fato de que, embora o material orgânico da torta de mamona não tivesse, ainda, condições de disponibilizar nutrientes para a cultura, pode ter promovido melhoria das propriedades físicas do solo, como aeração e capacidade de retenção de água, necessários ao desenvolvimento da cultura.

Verifica-se que aos 126 DAT, o aumento das doses de N proporcionou um crescimento maior em altura (Tabela 7); o tipo de água de irrigação também não afetou significativamente a altura de plantas; entretanto, a água residuária apresentou melhores resultados aos 42 e 84 DAT enquanto no tratamento com água de abastecimento as maiores alturas foram determinadas aos 126 e 168 DAT atribuindo este fato a elevadas precipitações ocorridas na época das avaliações, o qual se deve, provavelmente, à lixiviação dos nutrientes contidos na água residuária.

Aumentos verificados na variável de crescimento altura de planta do pinhão-manso com a aplicação de água residuária, são devido à presença de matéria orgânica, macro e micronutrientes em formas químicas mais disponíveis às plantas neste resíduo que, segundo Raji (1991), são essenciais para o estabelecimento e o desenvolvimento das culturas.

A altura da planta pode fornecer dados relativos à taxa de crescimento enquanto a espessura do caule indica a sustentabilidade desse crescimento. Uma planta com caule mais espesso é menos suscetível ao tombamento. Segundo Andrade et al. (1997), pela análise da altura da planta pode-se detectar a deficiência ou não de macronutriente: neste caso, de potássio do solo.

O fornecimento de teores de nitrogênio apropriados ao pleno desenvolvimento de várias culturas por meio da aplicação de efluentes de esgoto tratados, tem sido relatado por diversos autores (FEIGIN et al., 1984; VAZQUEZ-MONTIEL et al., 1996;

OUAZZANI et al., 1996 TSADILAS e VAKALIS, 2003; MEDEIROS et. al., 2005; LEAL et al., 2009).

Em estudos através dos quais foram avaliados os efeitos da aplicação de efluentes de esgoto no crescimento do pinhão-mansão em seu primeiro ciclo, geralmente foram encontrados resultados semelhantes aos desta pesquisa. Khan et al. (2009) avaliaram os efeitos da aplicação de efluente de esgoto tratado em lagoas de estabilização na cultura do girassol e observaram, durante a fase vegetativa da cultura irrigada com água residuária que tal aplicação proporcionou, às plantas, altura semelhante à obtida pela adubação mineral de base.

Santos (2008) também verificou que não se registraram influências do tipo ou das doses do adubo aplicado (torta de mamona, esterco bovino e sulfato de amônia) em qualquer uma das variáveis no crescimento da mamoneira, fato que pode ter sido ocasionado em razão do tempo de exposição do fertilizante orgânico não ter sido o bastante para a mineralização da matéria orgânica ou, ainda, em virtude do teor de umidade do solo não ter sido suficiente para a realização deste processo pela irregularidade da precipitação.

Beltrão et al. (2005) observaram, em registro de pesquisa realizada para avaliar a resposta da mamoneira à adubação orgânica e mineral, efeitos semelhantes.

O nitrogênio, tal como a interação entre irrigação e nitrogênio e os contrastes entre as doses de nitrogênio nos tratamentos adicionais, não indicou efeito significativo, fato que não é constante nos experimentos com adubação nitrogenada.

Como o pinhão-mansão tem ciclo longo e sendo uma planta perene, pluricárpico e o tempo de estudo desta cultura foi curto, é possível que não houve tempo suficiente para que a adubação nitrogenada e da água residuária tenha interferido no crescimento traduzido pela altura das plantas, conforme visualizado na Tabela 7.

O nitrogênio tem efeitos sobre a assimilação de carbono, produção de biomassa e rendimento econômico das culturas. Plantas crescidas com quantidade inadequada de nitrogênio não expressam totalmente seu potencial genético pois, em tais condições, ocorre uma série de alterações morfológicas e fisiológicas, afetando negativamente o crescimento das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2004). Este problema tem levado à afirmação de que o nitrogênio é um dos nutrientes que mais têm limitado o aumento de rendimentos das culturas em especial nos trópicos. A deficiência de nitrogênio, além de reduzir o crescimento pode afetar a partição de assimilados entre as diferentes partes da planta,

ocasionando em geral, aumento na relação entre a massa seca das raízes e a massa seca da parte aérea (CRUZ, 2004).

De acordo com Tavares Júnior e Dalto (2004), o sucesso da adubação nitrogenada é resultado da função: resposta da cultura à adubação nitrogenada e eficiência, sendo esta composta pela interação dos fatores fonte utilizada, forma de aplicação, sistema de produção, épocas de aplicação e aspectos regionais (condições climáticas). Referidos fatores correspondem à adubação nitrogenada que, por sua vez apresenta influência significativa sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (CARNAÚBA, 1990).

Com base nesses resultados, confere-se as vantagens da torta de mamona, devido o seu alto teor de nitrogênio com relação à quantidade de adubo aplicado. Guimarães et al. (2006), notaram maior altura da mamoneira adubada com torta de mamona em comparação com o esterco bovino e biossólido, em experimento conduzido em casa de vegetação, utilizando vasos e matéria orgânica equivalente a 255 kg N ha⁻¹.

Tabela 7. Resumo da ANOVA e médias para a altura de planta – AP, do pinhão- manso irrigado com água de abastecimento e residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB. 2009

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		42 DAT	84 DAT	126 DAT	168 DAT
Doses de Nitrogênio - N	3	0,18 ^{ns}	39,66 ^{ns}	146,58 ^{ns}	14,28 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,08 ^{ns}	0,74 ^{ns}	47,52 ^{ns}	0,506 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,05 ^{ns}	22,61 ^{ns}	69,03 ^{ns}	0,320 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	0,41 ^{ns}	95,63 ^{ns}	323,19 ^{ns}	42,025 ^{ns}
Tipo de água - A	1	0,19 ^{ns}	3,57 ^{ns}	18,91 ^{ns}	5,44 ^{ns}
Interação (N x A)	3	0,08 ^{ns}	15,36 ^{ns}	42,97 ^{ns}	91,78 ^{ns}
Resíduo	9	0,25	44,50	83,60	81,89
CV	(%)	4,86	19,20	12,7	9,92
Doses de Nitrogênio - N		Médias (cm)			
50 (kg ha ⁻¹)		10,42	33,33	67,28	90,73
100 (kg ha ⁻¹)		10,50	37,97	69,56	92,87
150 (kg ha ⁻¹)		10,15	33,20	73,40	89,68
200 (kg ha ⁻¹)		10,38	34,47	77,00	91,42
Tipo de água					
AB		10,28	34,41	72,58	91,59
AR		10,44	35,08	71,04	90,76

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

5.1.2 Diâmetro caulinar (DC)

A análise de crescimento não destrutiva visa estudar o aumento dos fitossistemas eucarióticos, sem destruir as plantas e, assim, os mesmos indivíduos podem ser mensurados durante o ciclo biológico tendo como principal variável mensurada para este fim, o diâmetro caulinar; tal método tem sido bastante utilizado para a investigação do efeito de fenômenos ecológicos sobre o crescimento na adaptabilidade de espécies em ecossistemas diversos, efeito de competição de cultivares e influência de práticas agrônomicas sobre o crescimento (MAGALHÃES, 1979 e SILVA et al., 2000).

Em trabalhos realizados por Santos (2008), com a aplicação de fertilizantes e doses de nitrogênio variadas, esterco e biossólido em mamoneira, verificou-se que as quantidades nem os fertilizantes aplicados exerceram efeitos significativos sobre o diâmetro do caule. Embora seja possível inferir, baseado no teste de médias que a água residuária, apesar da contribuição de nutrientes contidos na água, o tipo de água na irrigação também não ocasionou efeito significativo (Tabela 8). Observa-se tendência de aumento no DC das plantas do tratamento com AR passível, devido a contribuição de nutrientes existente na água.

Com relação à variável diâmetro caulinar verifica-se na Tabela 8, o resumo das análises de variância em função dos tipos de água (abastecimento e residuária tratada) sob quatro doses de nitrogênio (torta de mamona). Observa-se que o diâmetro caulinar não foi afetado de modo significativo pelos tratamentos à base de nitrogênio, em nenhuma das datas de avaliação, apesar da variação das doses de adubação nitrogenada. Na decisão de aplicação de altas quantidades de N deve-se levar em consideração o tipo de solo, pois em algumas situações poder-se-á estar aplicando sem necessidade e esta quantidade poderá ser perdida por lixiviação, em se falando de solos com baixo teor de argila e baixa capacidade de troca de cátions.

Albuquerque et al. (2009) constataram, analisando também a cultura de pinhão-manso aumento de diâmetro do caule (DC) em função das doses de nitrogênio até 147,5 kg ha⁻¹, proporcionando, ao caule, um diâmetro de 39,81mm. A partir dessa dose e de acordo com o modelo de regressão ajustado, o aumento das doses de N causou uma redução no diâmetro do caule do pinhão-manso. Foltran citado por Lyra (1997) e Menezes et al. (2002) constataram aumento gradativo do diâmetro do caule com a elevação da quantidade de matéria orgânica.

Segundo Mengel et al. (1996), menos de 50% do N incorporado ao solo na forma orgânica são transformados em N inorgânico, ou seja, são mineralizado, sendo a outra parte encontrada em associação à massa microbiana do solo.

Guimarães (2008) constatou que o diâmetro do caule do pinhão-mansinho adubado com a torta de mamona, apresentou um aumento de 40,62% em relação à testemunha que não recebeu nenhum tipo de adubo, e por SANTOS (2009a) que estudando cinco doses (1, 2, 3 4 e 5 t ha⁻¹) de torta de mamona em gergelim, constatou que o aumento da dose da torta de mamona promoveu aumento no diâmetro caulinar das plantas e a máxima eficiência técnica, com 3,5 t ha⁻¹ a partir, da qual, se manteve constante, indicando a existência de um limite ao qual as culturas respondem ao aumento da dose de adubação.

Tabela 8. Resumo da ANOVA e médias para o diâmetro caulinar – DC, do pinhão-mansinho irrigado com água de abastecimento e residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB. 2009

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		42 DAT	84 DAT	126 DAT	168 DAT
Doses de Nitrogênio - N	3	0,364261 ^{ns}	4,864583 ^{ns}	19,697917 ^{ns}	22,961708 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,026781 ^{ns}	0,506250 ^{ns}	2,256250 ^{ns}	13,994890 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,008128 ^{ns}	2,531250 ^{ns}	13,781250 ^{ns}	11,688613 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	1,057876 ^{ns}	11,556250 ^{ns}	43,056250 ^{ns}	43,201623 ^{ns}
Tipo de água - A	1	0,091378 ^{ns}	0,031250 ^{ns}	0,281250 ^{ns}	0,838512 ^{ns}
Interação (N x A)	3	0,718045 ^{ns}	1,531250 ^{ns}	3,614583 ^{ns}	6,022171 ^{ns}
Resíduo	9	2927,920	9052,083	8427,083	11723,275
CV	(%)	18,29	13,85	8,23	7,57
Doses de Nitrogênio - N		Médias (mm)			
	50 (kg ha ⁻¹)	9,30	21,00	33,75	43,22
	100 (kg ha ⁻¹)	9,63	22,75	37,37	47,14
	150 (kg ha ⁻¹)	9,11	21,25	34,50	44,58
	200 (kg ha ⁻¹)	9,38	21,87	35,50	46,04
Tipo de água					
	AB	9,30	21,68	35,37	45,07
	AR	9,40	21,75	35,18	45,40

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

5.1.3 Número de folhas (NF)

É possível observar, na Tabela 9, que os tratamentos relativos às doses de nitrogênio não se mostraram significativos para o número de folhas em nenhuma das avaliações realizadas durante o primeiro ciclo da cultura em estudo; entretanto, pode-se notar que a dose de 100 kg ha^{-1} ($3,185 \text{ g N/planta}$) apresentou melhor resultado do NF em todos os períodos estudados. Em se tratando da influência do tipo de água utilizado na irrigação, observa-se que a água residuária influenciou positivamente no número de folhas aos 84 DAT, não sendo perceptíveis efeitos significativos em outro momento do ciclo em que foram realizadas as avaliações.

Deve-se considerar que durante a fase de crescimento das plantas, a cultura de pinhão-manso remobilizou boa parte de seus nutrientes do tecido vegetativo para as partes produtivas da planta, o que torna necessário a reposição por meio de absorção radicular, uma vez que a água potável não garantia, ao solo, concentrações elevadas de nutrientes; o que pode ter sido a causa do decréscimo gradual no número de folhas quando comparadas aos tratamentos irrigados com água residuária, visto que a aplicação diária de efluente doméstico possibilitou, para as plantas, o acúmulo e de forma progressiva, a presença de nutrientes em seus tecidos.

Os nutrientes minerais, como o nitrogênio, podem influenciar no crescimento das plantas, indiretamente, via efeitos no suprimento de assimilados e de substâncias de crescimento. A influência dos nutrientes na fotossíntese pode ocorrer em várias vias, a exemplo do uso do nitrogênio na formação dos cloroplastos, síntese protéica e síntese de clorofila. Durante o fluxo de elétrons na cadeia de transporte de elétrons, da mitocôndria e cloroplasto, a energia livre é associada à oxidação dos componentes da cadeia e convertida na forma de ATP. Desta maneira, o nitrogênio é necessário para que ocorram a síntese protéica e a ativação de uma série de enzimas e, conseqüentemente, a produção de biomassa vegetal (ABREU, 2002).

Santos (2008) estudando a fenologia do pinhão-manso no Estado de Alagoas, observou que a espécie diminui seu crescimento e começa a perder folhas a partir dos meses de julho e agosto, no final da fase reprodutiva, mesmo com boa disponibilidade de água, sugerindo que outros fatores, tais como temperatura e fotoperíodo, possam estar influenciando seu crescimento, além da disponibilidade de água como sugerem vários autores (PEDRONI et al., 2002; BIANCHINI et al., 2006).

Durante a execução do experimento ocorreu queda de folhas, como descrito pelos autores acima e, como o aparelho fotossintético é responsável pelo crescimento e desenvolvimento dos vegetais sua ausência prejudica as funções fisiológicas das plantas, desde a paralisação no crescimento e em casos extremos, a morte do vegetal.

Conforme Sartunino et al. (2005), o pinhão-manso apresenta comportamento decíduo, as folhas caem em parte ou totalmente no final da época seca ou durante a estação chuvosa. Segundo o autor, a cultura permanece em repouso até o começo da primavera ou da época das chuvas nas regiões secas.

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

Tabela 9. Resumo da ANOVA e médias para o número de folhas – NF, do pinhão-manso irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB.2009

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		42 DAT	84 DAT	126 DAT	168 DAT
Doses de Nitrogênio - N	3	0,46 ^{ns}	26,11 ^{ns}	779,19 ^{ns}	497,86 ^{ns}
Regressão Linear	1	1,22 ^{ns}	10,50 ^{ns}	452,25 ^{ns}	2,25 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,12 ^{ns}	47,53 ^{ns}	175,78 ^{ns}	712,53 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	0,02 ^{ns}	20,30 ^{ns}	1709,55 ^{ns}	778,80 ^{ns}
Tipo de água - A	1	0,00 ^{ns}	357,78**	11,28 ^{ns}	3762,78 ^{ns}
Interação (N x A)	3	0,33 ^{ns}	20,61 ^{ns}	315,19 ^{ns}	660,94 ^{ns}
Resíduo	9	0,27	17,36	567,21	964,46
CV	(%)	9,80	11,55	27,56	28,68
Doses de Nitrogênio - N		Médias			
50 (kg ha ⁻¹)		5,50	33,75	75,75	101,00
100 (kg ha ⁻¹)		5,50	38,12	96,87	119,50
150 (kg ha ⁻¹)		5,25	36,50	80,62	106,50
200 (kg ha ⁻¹)		5,10	36,00	92,37	106,12
Tipo de água					
AB		5,31	32,75	87,00	97,43
AR		5,31	39,43	85,81	119,12

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

Na Figura 15 é possível observar o contraste de médias entre a influência da água de abastecimento e da água residuária. Fica evidente o efeito positivo da água residuária no número de folhas os quais apresentaram comportamento superior aos 84 e 168 DAT, e similar nas outras datas de avaliação. Provavelmente devido à contribuição de nutrientes existentes na água residuária, favoreceu para o aumento significativo do número de folhas apesar das características de senescência que possui a cultura de pinhão-manso, possui uma espécie caducifólia.

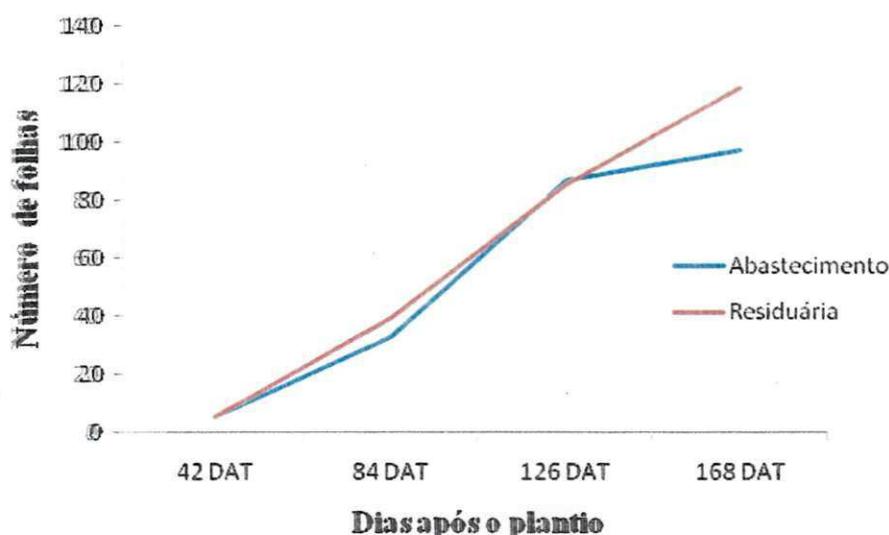


Figura 15. Influência da água de abastecimento e residuária no número de folhas do pinhão-manso irrigado com água residuária sob adubação nitrogenada, aos 84 DAT. Campina Grande, 2009

5.1.4 Área foliar (AF)

As folhas assumem elevada importância nos processos morfofisiológicos da planta, pois é através delas que a planta intercepta energia solar e potencializa sua produção (SILVA, 2009).

É possível observar, na Tabela 10, que os tratamentos à base de nitrogênio não influenciaram durante as avaliações de crescimento da cultura porém na área foliar de pinhão-manso, assim como ocorreu na análise no número de folhas, a dose de 100 kg ha⁻¹ apresentou melhor resultado para todas as datas de avaliação. O efeito do tipo de água residuária, tal como para o número de folhas, afetou positivamente a área foliar apenas aos 84 DAT.

Os resultados de crescimento encontrados no presente trabalho indicam ganhos expressivos do pinhão-manso para a irrigação com água residuária, essencialmente na fase inicial do primeiro ciclo, entretanto, não aponta grandes vantagens para a utilização da torta da mamona como fonte de nitrogênio na adubação de fundação durante o primeiro ciclo, porém os melhores resultados foram aos 126 e 168 DAT. Embora reconhecida como cultura recomendada para regiões áridas e semiáridas, tolerante a restrições na disponibilidade de água, alguns autores descrevem a espécie com respostas positivas ao uso de irrigação.

Severino et al. (2004), verificaram, em seus trabalhos, que entre 75 e 100% de nitrogênio da torta de mamona foi nitrificado durante três meses, o que denota que os melhores resultados de crescimento ocorreram quando o processo de disponibilização do nitrogênio da torta de mamona estava concluído.

Albuquerque et al. (2009) estudando o efeito da adubação nitrogenada à base de $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ com doses variando entre 0 e 180 kg ha^{-1} para o primeiro ciclo do pinhão-manso verificaram efeitos significativos para AP, NF, DC e AF e que essas variáveis apresentaram as melhores respostas quando submetidas à maior dose testada.

Este fato mostra que a adubação com torta de mamona deve ser realizada visando ao segundo ciclo, sendo necessário utilizar a adubação química para atender às necessidades de nitrogênio durante a fase inicial do pinhão-manso.

Albuquerque et al (2006), objetivando verificar o crescimento vegetativo da mamoneira submetida a diferentes fontes (torta de mamona, sulfato de amônio) e quantidades de nitrogênio (30, 60, 120, 240 e 480 kg de N/ha), observaram que as quantidades de nitrogênio de 291,2 e de 465,9 apresentaram os melhores resultados para altura, diâmetro e área foliar.

Na Figura 16 observa-se o contraste de médias entre a influência da água residuária e da água de abastecimento sob a variável de crescimento área foliar do pinhão-manso. Verifica-se efeito similar ao observado para a variável número de folhas, uma vez que a área foliar também foi beneficiada pela irrigação com água residuária, a qual apresentou efeito significativo aos 84 DAT e melhores resultados durante todas as datas de avaliação, salvo aos 126 DAT.

As águas residuárias provenientes de esgotos urbanos tratados por sistemas anaeróbicos têm efeito fertilizante sobre a cultura do pinhão-manso, conforme evidenciaram a evolução temporal da área foliar e o número de folhas tornando-se desta

forma uma alternativa relevante na adoção de prática de fertirrigação, principalmente de culturas cujos produtos não se destinam ao consumo humano.

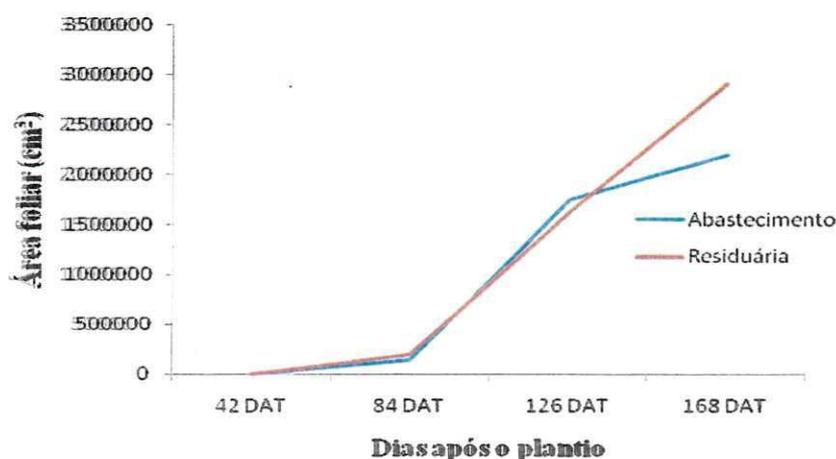


Figura 16. Influência da água de abastecimento e residuária na área foliar do pinhão-mansão irrigado com água residuária sob adubação nitrogenada. Campina Grande, 2009

Tabela 10. Resumo da ANOVA e médias para a área foliar – AF, do pinhão-mansão irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada aos 42, 84, 126 e 169 DAT. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		42 DAT ¹	84 DAT ¹	126 DAT ¹	168 DAT ¹
Doses de Nitrogênio - N	3	15,10 ^{ns}	4489,95 ^{ns}	139453,14 ^{ns}	138363,01 ^{ns}
Regressão Linear	1	11,08 ^{ns}	1207,46 ^{ns}	97113,14 ^{ns}	71,28 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	28,90 ^{ns}	8968,76 ^{ns}	36287,02 ^{ns}	271923,77 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	5,31 ^{ns}	3293,62 ^{ns}	284959,25 ^{ns}	143093,98 ^{ns}
Tipo de água - A	1	1,42 ^{ns}	46004,15**	15115,63 ^{ns}	380055,39 ^{ns}
Interação (N x A)	3	15,46 ^{ns}	4458,30 ^{ns}	36011,38 ^{ns}	165689,73 ^{ns}
Resíduo	9	15,46	2803,83	124569,1	185611,1
CV	(%)	14,63	13,07	28,08	27,89
Doses de Nitrogênio - N		Médias (cm ²)			
50 (kg ha ⁻¹)		1297544	1412,34	143560,1	2067246
100 (kg ha ⁻¹)		1554,72	193283	2052145	3075980
150 (kg ha ⁻¹)		1436,26	1575412	174130	2725972
200 (kg ha ⁻¹)		1302,48	162967,7	1836303	2392908
Tipo de água					
AB		1405,72	137807,77	1745632	2201967
AR		1447,18	199162,62	1635071	2929086

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade. ¹ Valores transformados em função da equação $\sqrt{(X + 0,5)}$ para análise

5. 2 Análise fisiológica do crescimento

5.2.1 *Taxas de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA AP)*

Conforme o resumo da análise de variância para Taxa de crescimento absoluto de altura de planta (TCA AP), nas avaliações realizadas entre 84 - 42, 126 - 84 e 168 - 126 dias após transplântio (Tabela 11), em plantas de tratamento irrigadas com água residuária em relação àquelas irrigadas com água de abastecimento, que também receberam doses crescentes de N, observa-se que não houve efeito significativo nos intervalos de tempo.

A não significância dos valores relativos à taxa de crescimento absoluto entre os intervalos avaliados aponta que houve um crescimento uniforme ao longo dos estágios pequena variação das médias quando comparado a tipos de doses de N; também não houve valores significativos, no que diz respeito à interação entre os tratamentos aplicados.

A água residuária utilizada apresenta teores mais elevados de sais solúveis, enquadrando-se na classe de água com salinidade alta (C3) de acordo com a classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos-USDA (RICHARDS, 1954; BERNARDO et al., 2008) requerendo cuidados quanto ao uso na agricultura, especialmente no que se refere à seleção das culturas e contaminação do lençol freático.

De acordo com Góes (2010) quanto aos efeitos remanescentes ocasionados nos atributos do solo em função da substituição total ou parcial do fertilizante mineral nitrogenado por torta de mamona na cultura de girassol observou-se, através da análise de variância, que os tratamentos não ocasionaram nenhuma mudança significativa; além deste percebeu, através das médias, que os resultados não evidenciam qualquer tendência pela aplicação da torta.

Entretanto é possível observar diferenças entre os dois últimos intervalos avaliados, em função do processo de nitrificação da torta de mamona, que acontece apenas aos 90 DAT, tornando o N disponível para as plantas, a partir desta data.

Analisando as médias das taxas de crescimento observou-se uma fase de aumento rápido em função das doses, fato que concorda com os resultados observados por Silva (2009) estabelecida em experimento com pinhão-manso em condições de maior teor de umidade do solo, efeitos nos tratamentos indicando que o pinhão-manso

em condições favoráveis de umidade do solo, sobretudo irrigado com água residuária (rica em nutrientes) desenvolve maior taxa de crescimento absoluto em altura de plantas.

Tabela 11. Resumo da ANOVA e médias para taxas de crescimento absoluto de altura de planta do pinhão-mansão, nos intervalos de 42 - 84, 84 -126, 126 -168 DAT irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB, 2009.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		84 - 42 DAT	126 - 84 DAT	168 - 126 DAT
Doses de Nitrogênio - N	3	0,3321 ^{ns}	0,1078 ^{ns}	0,2097 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,0127 ^{ns}	0,0556 ^{ns}	0,2278 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,1276 ^{ns}	0,0773 ^{ns}	0,1109 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	0,8800 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Tipo de água - A	1	0,0216 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,2827 ^{ns}
Interação (N x A)	3	0,0832 ^{ns}	0,0274 ^{ns}	0,5254 ^{ns}
Resíduo	9	0,1971	0,0427	0,3171
CV	(%)	42,61	26,28	53,40
Doses de Nitrogênio - N		Médias (cm dia ⁻¹)		
50 (kg ha ⁻¹)		0,86	0,98	1,15
100 (kg ha ⁻¹)		1,02	1,06	1,26
150 (kg ha ⁻¹)		0,85	0,89	1,20
200 (kg ha ⁻¹)		0,84	1,04	1,16
Tipo de água				
AB		0,96	0,99	1,02
AR		1,03	1,04	1,11

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade.

A diferença entre os períodos a partir da segunda avaliação deste experimento, vai de acordo com Larcher (2000), em que paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas para formação e enchimento dos frutos.

5.2.2 Taxas de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (TCA DC)

De acordo com Benicasa (2003), a análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta, como um todo, e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir atividade fisiológica, isto é, estimar, de forma bastante precisa, as causas das variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes.

Analisando os resultados do resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto de diâmetro caulinar (TCA DC), as avaliações realizadas entre 84 - 42, 126 - 84 e 168 - 126 dias após transplântio observadas na Tabela 12, nas plantas dos tratamentos irrigados com água residuária em relação àqueles irrigados com água de abastecimento, que também receberam doses diferentes de N (torta de mamona), observa-se que não houve efeito significativo, nos intervalos de tempo.

A não significância dos valores relativos à taxa de crescimento absoluto entre os intervalos avaliados, aponta que houve um crescimento ao longo dos estágios da cultura do pinhão-manso indicando uma variação pequena das médias quando comparada a tipos de doses de N; também não houve valores significativos no que diz respeito à interação entre os tratamentos aplicados. Na avaliação entre as médias do tipo de água observa-se que em todos os períodos avaliados para a água de abastecimento, as médias entre os tratamentos se mantiveram constantes, diferentemente das médias dos tratamentos com aplicação de água residuária que, embora não tenha sido significativo para o curto período de tempo, o crescimento vegetativo da cultura relacionado ao diâmetro, obteve variações pequenas entre as três médias; Azevedo e Oliveira (2005) ressaltam a importância da utilização de águas residuárias domésticas para o fornecimento de nutrientes e aumento de produtividade das plantas.

O reúso de água é uma alternativa viável e inúmeros são os benefícios provenientes de sua aplicação na agricultura; mencionam-se, entre as vantagens do reúso: a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos com diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos cursos d'água; as plantas podem ser beneficiadas não apenas pela água mas também dentro de certos limites, pelos materiais dissolvidos no esgoto doméstico (como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes) além da economia da quantidade de

água direcionada em grandes volumes, para a irrigação, que representa a maior demanda de água nas regiões secas (BERNARDI, 2003).

Tabela 12. Resumo da ANOVA e médias para taxas de crescimento absoluto do diâmetro caulinar de planta do pinhão-manso, nos intervalos de 42-84, 84-126, 126-168 irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		84 - 42 DAT	126 - 84 DAT	168 - 126 DAT
Doses de Nitrogênio - N	3	0,3636 ^{ns}	0,1154 ^{ns}	0,0889 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,0860 ^{ns}	0,1963 ^{ns}	0,1261 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,3212 ^{ns}	0,0601 ^{ns}	0,0162 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Tipo de água - A	1	0,0890 ^{ns}	0,0446 ^{ns}	0,2040 ^{ns}
Interação (N x A)	3	0,0432 ^{ns}	0,0631 ^{ns}	0,1176 ^{ns}
Resíduo	9	0,1077	0,0639	0,1839
CV	(%)	33,41	25,90	42,11
Doses de Nitrogênio - N		Médias (mm dia ⁻¹)		
	50 (kg ha ⁻¹)	0,75	0,80	0,92
	100 (kg ha ⁻¹)	1,05	1,05	1,25
	150 (kg ha ⁻¹)	0,91	0,94	0,98
	200 (kg ha ⁻¹)	1,01	1,06	1,15
Tipo de água				
	AB	0,93	0,93	0,93
	AR	1,01	1,03	1,09

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

5.2.3 Taxas de crescimento relativo em altura de plantas (TCR AP)

A análise de crescimento de uma espécie permite estudar sua capacidade de adaptação às condições climáticas da região em que foi introduzida. De acordo com Felipe (1986), o crescimento pode ser analisado através de medidas de comprimento do organismo ou de órgãos desses organismos, sendo que a grande vantagem dessa unidade é que a planta é mantida viva, fato imprescindível em certo tipo de experiência em fisiologia e também quando se trabalha com um pequeno número de plantas.

Radford (1987) afirma que a taxa de crescimento relativo (TCR) é a característica fisiológica mais apropriada para comparar efeitos de diferentes manejos agrônômicos, por ser relativo e não depender de pressuposições matemáticas. Segundo

Clement e Bovi (2003), em determinadas plantas a análise de crescimento é altamente recomendada, tanto para experimentos agrônômicos como para critério de seleção.

A TCR pode ser considerada um índice de eficiência, uma vez que representa a capacidade da planta em produzir material novo, o que é visualizado pelo incremento em altura, em determinado intervalo de tempo. Assim, a TCR representa a variação ou o incremento entre duas amostragens sucessivas, constituindo-se um parâmetro utilizado na observação da velocidade média de crescimento, ao longo do período de observação.

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

Observa-se na análise de variância para a TCR AP, Tabela 13, que os diferentes níveis de doses de N, tal como para os tipos de água (abastecimento e residuária) não influenciaram significativamente a Taxa de Crescimento Relativo nos períodos 84 – 42, 126-84 e 168-126 DAT. Verifica-se que os valores médios da TCR AP das plantas de pinhão-manso em todos os períodos estudados, também não apresentaram variações significativas indicando que nesses períodos as plantas não apresentaram eficiência na formação de novos tecidos.

A análise de variância, tanto para Altura de Planta quanto para a Taxa de Crescimento de Altura de planta, permite constatar que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos nem as interações entre eles, significando que os fatores estudados não sofreram influência dentro do período de crescimento inicial da cultura do pinhão-manso em virtude do curto período de avaliações não corresponder com o tempo de decomposição do mineral orgânico utilizado na fertilização da cultura, não tendo efeito do N assim como a interação entre os diferentes tipos de água dentro das parcelas, podendo ter acarretado perdas por lixiviação dos nutrientes em razão do período ter apresentado elevados índices de precipitação pluviométrica.

A torta de mamona nas quantidades utilizadas e nas condições em que foi conduzido o experimento (precipitações elevadas e tempo DAT), é insuficiente para que os atributos do solo incorporem e permaneçam sob as alterações comumente causadas pela adição de matéria orgânica.

De forma geral, a irrigação com água residuária não proporcionou efeito positivo no crescimento vegetativo do pinhão-manso no seu primeiro ciclo, quando comparado com a água de abastecimento.

Tabela 13. Resumo da ANOVA e médias para Taxas de crescimento relativo em altura de planta do pinhão-manso, nos intervalos de 42 - 84, 84 - 126, 126 - 168 DAT irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		84 - 42 DAT	126 - 84 DAT	168 - 126 DAT
Doses de Nitrogênio - N	3	0,000015 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	0,000012 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,000001 ^{ns}	0,000010 ^{ns}	0,000006 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,000017 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000008 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}
Tipo de água - A	1	0,000004 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Interação (N x A)	3	0,000008 ^{ns}	0,000006 ^{ns}	0,000007 ^{ns}
Resíduo	9	0,000019 ^{ns}	0,000010 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
CV	(%)	15,30	18,11	29,71
Doses de Nitrogênio - N		Médias (cm cm dia ⁻¹)		
50 (kg ha ⁻¹)		0,01	0,01	0,02
100 (kg ha ⁻¹)		0,01	0,02	0,03
150 (kg ha ⁻¹)		0,01	0,02	0,02
200 (kg ha ⁻¹)		0,01	0,02	0,02
Tipo de água				
AB		0,02	0,02	0,00
AR		0,02	0,02	0,01

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

5.2.4 Taxas de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCR DC)

Percebe-se que o efeito das doses de N e dos tipos de água nas médias entre os tratamentos sobre a TCR DC, obteve resultado inferior com relação à TCA DC, que ocorreu durante todos os períodos, embora a variação estatísticas apresente não significância, conforme os resultados da análise de regressão (Tabela 14), não ocasionando influência significativa sobre a TCR DC das plantas, da fase inicial de crescimento até o período compreendido entre 168-126 DAT.

O crescimento em diâmetro caulinar das plantas de pinhão-mansão em resposta aos incrementos de nutrientes pelas águas residuárias e a relação entre as diferentes doses de adubo orgânico (torta de mamona), não se mostraram significativos como representado na Tabela 14, devido o tempo de avaliação não ter respondido à eficiência de nitrificação sobre as TCR DC.

ZUCHI et al. (2007), estudando o efeito da torta de mamona sobre os componentes de rendimento de triticales (*X Triticosecale Wittmack*), não observaram interação significativa entre os fatores adubo organo-mineral e torta de mamona mas o tratamento torta de mamona influenciou significativamente apenas a emergência de plântulas, ao passo o tratamento adubo organo-mineral influenciou as variáveis perfilho fértil e produção. Além disso, os autores constataram que o aumento da dosagem de torta de mamona reduziu a emergência de plântulas de triticales e que a torta de mamona não aumentou os componentes de rendimento de triticales.

Por outro lado, LIMA et al. (2008) avaliaram a casca do fruto da mamona e a torta como adubo orgânico na mamoneira e verificaram que a torta de mamona apresentou boas características para uso como adubo orgânico, devido principalmente ao alto teor de nitrogênio. Tal como, COSTA et al. (2009) constataram que a torta de mamona melhorou as variáveis de crescimento da mamoneira, denotando-se que a torta como adubo é eficaz para as plantas e viável para o setor econômico e, em especial, para o ambiental, fazendo parte de uma agricultura sustentável.

Tabela 14. Resumo da ANOVA e médias para Taxas de crescimento relativo do diâmetro de caule do pinhão-mansão, nos intervalos de 42-84, 84-126, 126-168 DAT irrigado com águas residuárias sob adubação nitrogenada. Campina Grande, PB. 2009

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		84 - 42 DAT	126 - 84 DAT	168 - 126 DAT
Doses de Nitrogênio - N	3	0,000002 ^{ns}	0,000007 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,000005 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,000002 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}
Tipo de água - A	1	0,000007 ^{ns}	0,000022 ^{ns}	0,000007 ^{ns}
Interação (N x A)	3	0,000005 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000007 ^{ns}
Resíduo	9	0,000020 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
CV	(%)	22,36	18,26	26,28
Doses de Nitrogênio - N		Médias (mm mm dia ⁻¹)		
50 (kg ha ⁻¹)		0,02	0,01	0,01
100 (kg ha ⁻¹)		0,02	0,01	0,00
150 (kg ha ⁻¹)		0,02	0,01	0,01
200 (kg ha ⁻¹)		0,02	0,01	0,01
Tipo de água				
AB		0,02	0,01	0,00
AR		0,02	0,01	0,01

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

6. CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada, oriunda da torta de mamona, não afetou o crescimento inicial do pinhão-mansão durante seu primeiro ciclo, independente do tipo de água utilizada (abastecimento e residuária doméstica).
2. A utilização da água residuária na irrigação de pinhão-mansão apresentou efeito significativo positivo aos 84 DAT para o número de folhas e área foliar, além de melhores resultados de crescimento durante a fase inicial (duas primeiras datas de avaliação).

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, I. N.; PINTO, J. E. B. P.; FURTINI NETO, A.E. Influence of nitrogen and phosphorus in the biomass production and induction of mucilage in “insulina” plants. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.4, p.536-540, 2002.
- ALBUQUERQUE R. C. et al. Influência de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa, 2006, CDROM.
- ALBUQUERQUE, W. G. de; AZEVEDO, C. A. V. de; BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, M. A. de O.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do. Crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função de níveis de água e adubação nitrogenada. III Congresso Brasileiro de Mamona, Energia e Ricinoquímica. **Anais...** 2009.
- ALVES, M. O; SOBRINHO, J. N.; CARVALHO, J. M. M. de. **Possibilidades da mamona como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil S.A., 2004. 41p. (Série Documentos do ETENE. Nº 01).
- ANDRADE NETO, C. O; CAMPOS, J. R.; ALÊM SOBRINHO, P; CHERNICHARO; NOUR, E. A. Filtros biológicos. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbios e disposição no solo**. PROSAB. ABES. Rio de Janeiro, RJ, 1999.
- ARAÚJO, A. P.; NEGREIROS, M. Z; PEDROSA, J. F.; OLIVEIRA, H. M. G. Características químicas de um solo adubado com esterco de bovinos e cultivado com repolho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39. 1999. Tubarão. **Resumo...** Tubarão: SOB, 1999. N. 021.
- ARAÚJO, E. C. E.; RIBEIRO, A. M. B. Avaliação fenológica do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no município de Teresina-PI. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel, 5, 2008, Lavras-MG. **Anais...** Lavras-MG, UFLA, 2008. (CD ROOM).
- ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

- AUGUSTUS, G. D. P. S. et al. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. **Biomass e Bioenergy**, Silver Spring, n. 23, p. 161-164, 2002.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999, 153P. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).
- AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, e. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa – Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. Cap. 11, p.257-280.
- AZEVEDO, L. P. de; OLIVEIRA, E. L. de. Efeitos de aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p. 253-263, 2005.
- BEEKMAN, G. B. Qualidade e conservação da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.
- BELTRÃO, N. E. M. **Agronegócio das oleaginosas no Brasil**. Informe Agropecuário, 26: 44-78, 2005.
- BELTRÃO, N. E. M. Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. **Informe Agropecuário**. Campina Grande, PB, 2006.
- BELTRÃO, N. E. M. **Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 2002. 6p. (EMBRAPA – CNPA, Comunicado Técnico, 171).
- BENICASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BERNARDI, C.C. **Reúso da água para irrigação**. Monografia. MBA em Gestão Sustentável da Agricultura do Instituto Superior de Administração e Economia da Fundação Getúlio Vargas, Brasília, DF, Brasil. 63p. 2003. Disponível em <http://www.integracao.gov.br/.../download.asp?.../reúso/Reúso_de_agua_irrigação>(acesso em 29/08/2009).

- BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. e Eichler) Engl.(Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 595-602, 2006.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, STI/CIT, 1985, 364p. (Documentos, 16).
- CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, p. 28-29, 1984.
- CAMARGOS, R. R. da S.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; FERRZ, V.P. Estudo de viabilidade de conversão de óleo de grãos de café defeituosos e sadios em biodiesel. In: IV SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, **Anais...** Londrina – PR, 2005. Brasília: CBP e ID/CAFÉ/IAPAR, 2005. CD-ROM.
- CAMERON, K. C; D I, H. J; McLAREN, R. G. Is soil an appropriate dumping ground for our waster. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.995-1035, 1997.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.68, n.2, p. 135-149, 2004.
- CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.8, n.3/4. p.24-41,1990.
- CARNIELLI, F. O combustível do futuro. <http://www.ufmg.br/boletim>. 20 fev. 2008.
- CARVALHO, L. O. de. **Cultura da mamoneira**. Campinas: CATI, 1998. 3p. (Cati. Comunicado Técnico, 73).
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588P.
- CHERNICHARO, C. A. L.; HAANDEL, A. V.; AISSE, M. M.; CAVALCANTI, P. F. F. Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo. In Campos, J. R. coord. (1999) **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processos Anaeróbios e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES, p. 155-198.

- CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. **Bahia Análise e Dados, Salvador**, v. 13, n. Especial, p. 371-382, 2003.
- CLEMENT, C. R.; BOVI, M.L.A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimento com pupunheiras para palmito. **Acta Amazonica**, Manaus, v. n. 3, p. 349-362, 2003.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.
- CORTESÃO, M. Culturas tropicais: plantas oleaginosas: Lisboa: Clássica, 1956. 231p.
- COSTA, F. X; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S.; LIMA, V. L. A.; GUIMARÃES, M. M. B.; LUCENA, A. M. A. Resposta do efeito da compactação do solo adubado com torta de mamona nos macronutrientes das folhas da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, Brasília. **Anais...** Brasília: BIPTI, 2006. 1 CDROM.
- CRUZ, J.L; COELHO, E.F.; PELACANI, C.R.; COELHO FILHO, M.A.; DIAS, A.T.; SANTOS, M.T. Crescimento e partição de matéria seca e de carbono no mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada. **Bragantia**. v.63, n.3, p. 137-142, 2004.
- DAMASCENO, JOSILDA CAVALCANTE AMORIM; RITZINGER, C. H. S. P; CALDAS, RANULFO CORREA; SANTOS, VALMIR SOUZA; SAMPAIO, A. H. R; LUQUINE, L. S.; VIEIRA, R. S. Uso de farelo de mamona em mudas de mamoeiro infestadas pelo nematóide das galhas. In: II Semana de Biologia - UFBA. **Anais...** Salvador – BA: UFBA, 2006. p. 54-54.
- DEMÉTRIO, R. **Efeito da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa–C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.)** 1988. 89f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A. **Cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): para produção de óleo combustível**. Viçosa – MG, 2007. 40p.

- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Produção de Informação – SPI, 1999.412p.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. Ed. Rio de Janeiro; EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. P. 247 -247, 1997.
- EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral das Plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975, 341p.
- ERNANI, P.R; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação do esterco de bovinos e de cama de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 7, n.2, p.161 -165, 1983.
- FAO 2006. Disponível em: <<http://www.faostat.org.br>>. Acesso em 20 nov. 2009.
- FEIGIN, A. BIELORAI, H. DAG, Y.; KIPNIS, T.; GIAKIN, M. The nitrogen factor in the management of effluent-irrigated soils. **Soil Science**, v. 125, p.248-254, 1978.
- FEIGIN, A. VAISMAN, I.; BIELORAI, H. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: II. Nutrient availability in soil. **Journal of Environmental Quality**, v.13,p.234-238, 1984.
- FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.
- FELIPPE, G.M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. 2 ed. São Paulo: EPU, 1986. Cap. 1, p1-37.
- FERNANDEZ, J. C. e GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2.ed. Revisada e ampliada. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUN-DEPES, 437p., 2000.
- GOMES FILHO, R. R. et al. Remoção de carga Orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001.

GÓES de B. Z. **Adubação do Girassol com torta de mamona da produção de Biodiesel direto da semente.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo da UFRSA. 63p. 2010.

GUIMARÃES, A. de S. **Crescimento inicial de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes.** (Tese de Doutorado). Areia, Universidade Federal da Paraíba. 2008. 91p.

GUIMARÃES, M. M. B.; ALBUQUERQUE, R. C.; LUCENA, A. M. A. de; COSTA, F. X.; FREIRE, M. A. de O.; BELTRAO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. Fontes Orgânicas de Nutrientes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, Aracajú. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

HELLER, J. **Physic nut (*Jatropha curcas* L): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.** Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, 1996. 66 p.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recargas de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.4, p75-95. 2002.

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

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 692 p.

JUHÁSZ, A. C. P.; PIMENTA, S.; SOARES, B. L.; MORAIS, D. L. B.; RABELLO, H. O. **Biologia floral e polinização artificial de pinhão-manso no norte de Minas Gerais**, *Pesq. agropec. bras.*, v.44, n.9, p.1073-1077, 2009.

JUNIOR, A. S. DE A.; MELO, F. DE B.; MASCHIO, R.; RIBEIRO, V. Q.; MORAIS, E. L. DA C. Coeficientes de Cultivo da Mamoneira em Sistema Monocultivo e Consorciado com Feijão-Caupi. In. III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, **Anais...** Salvador: Embrapa, 2008. CD ROOM.

KHAN, MOAZZAM A.; SHAUKAT, S. S.; KHAN, M. A. **Growth, yield and nutrient content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) using treated wastewater**

- from waste stabilization ponds. *Pakistan Journal of Botany*, v.41, n.3, p.1391-1399, 2009.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres: 1985. 262p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: PRADO, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 2000. 531p.
- LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S.; Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 1969-1975, 2008.
- LEAL, R.M.P.; MONTES, C.R.; MELFI, A. J.; PIEDADE, S. M. S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, n.242-249, 2009.
- LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L. S.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. de O.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N. E. de M. Combinação de casca e torta de mamona como adubo orgânico para a mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., Salvador, 2008. **Anais**. Salvador: Embrapa Algodão, 2008. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/anais_mamona/anais.htm>. Acesso em: 10 jan. 2010.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. M. Avaliação da casca e da torta de mamona como fertilizante orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. I. L. da; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, p. 15-21, 2007.
- LOMBARDI, S.R.B.; MORAES, D.M. de; CAMELATTO, D. Evaluation of growth and postharvest ripening of shinsseiki pears. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35,n.12, Dec. 2000.
- LYRA, R.B.A. **Efeito de substrato para produção de mudas de leucena (*Leucena leucocephala*) em bandejas de isopor**. 1997, 41p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 1997.

- MACHADO, I. C. S., BARROS, L. M. e SAMPAIO, E. V. S. B. 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brasil. **Biotropica** 29:57-68.
- MAGALHAES, A.C.N. **Análise quantitativa de crescimento**. In: FERRI, M.G., coord. Fisiologia Vegetal. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979. P. 331-50.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201 p.
- MARTIN, G. AND A. MAYEUX. **Réflexions sur les cultures oléagineuses énergétiques. II. -Le Pourghère (*Jatropha curcas* L.): un carburant possible**. Oléagineux 39(5): 283-287.1984.
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; NEVES, J. C. L. MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n.9, v.4, p. 603-612, 2005.
- MELO, J. C.; BRANDER Jr. W.; CAMPOS, R. J. A.; PACHECO, J. G. A; SCHULER, A. R. P.; STRAGEVITCH, L. Avaliação preliminar do potencial do pinhão-manso para a Produção de Biodiesel. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, **Anais...** Brasília, 2006.
- MENDONÇA, S. R., **Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novo Conceitos**- Ed. Universitária/UFPB, João Pessoa, 1990.
- MENEZES, L.S.; CARDOSO, E.A.; PIRES, G.S.; FILHO, J.A. Efeito do substrato na produção de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) em bandejas de isopor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém do Pará – Pa. **Anais...**Belém do Pará, 2002.
- MENGEL, K., SHON, H. G., KEERTHISINGHE, G. et al. **Ammonium dynamics of puddled soils in relation to growth and yield of lowland rice**. In: DE DATTA, S. K., PATRICK, W. H. Jr. **Nitrogen economy of flooded rice soils**. Dordrecht : Martinus Nijhoff Publishers, 1996. 186 p. p. 117-130.
- MORELLATO, L. P. C., LEITÃO FILHO, H. F., RODRIGUES, R. R. e JOLY, C. A. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em florestas de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** 50: 149-162.

- OLIVEIRA, M. I. P.; ROCHA, M. S. R.; LUCENA, A. M. A.; AZEVEDO, C. F.; ARRIEL, N. H. C.; BARTOLOMEU, C. R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. Caracterização morfo-anatômica de folhas e caule de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5.; CLÍNICA TECNOLÓGICA EM BIODIESEL, 2., 2008, Lavras. Biodiesel: tecnologia limpa: **anais...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.
- OOSTERHUIS, D.M. **Growth and development of a cotton plant**. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, J.W. dos (Eds.). *Cultura do algodoeiro*. Piracicaba: POTAFOS, 1999. P.35-55.
- PEDRONI, F.; MARYLAND, S.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. - Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudoeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 183-194, 2002.
- PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284p.
- PENIDO FILHO, P.; VILLANO, F. O emprego do éster da mamona nos motores dos veículos iat. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 3,1984, Rio de Janeiro. **Anais...**1984. p. 903-910.
- PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 119p.
- PRIMAVERA, A. **Manejo Biológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais**. 8 ed. São Paulo: Nobel,1989, 541p.
- PURCINO, A. A. C; DRUMMOND, O. A. Pinhão-manso. **Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG**, 1986, 7p. (Documento).
- RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: **Ceres**, Potafos, 1991, 343p.
- SAMPAIO, A. H.; RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P; DAMASCENO, J. C. A; SANTOS, V. S.; SEVERINO, L. S.; LEDO, C. A. da S. Controle de fitonematóides em aceroleira mediante o uso de farelo de mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona, II, **Anais...** Aracaju. Energia e sustentabilidade. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.
- SANTOS, C. M. dos. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de alagoas**. Rio Largo,

2008. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal e Proteção de Plantas). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas. 2008.
- SANTOS, M. B. H. dos. **Crescimento e Produtividade da mamoneira adubada com resíduos orgânicos**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da UFCG. 82p. 2008.
- SANTOS, M. S. **Crescimento, desenvolvimento e produção de gergelim sob irrigação de água residuária tratada e adubação com torta de mamona**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da UFCG. 2009.
- SANTOS, S.; FERRIRA JUNIOR, E. J.; PIRES, B.; NETTO, A.P. da C. Efeito de diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: 5 Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. **Anais...** Varginha – MG, 2007.
- SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D. ; KAKIDA, J. TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: Informe Agropecuário, **Anais...** Belo Horizonte, EPAMIG, v.26, n.229, p.44-78, 2005.
- SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31 p. (Documentos, 134).
- SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 73-72, 2004.
- SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X; BELTRÃO, N. E. de M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 5, n. 1, 2004.
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879 – 882, 2006a.

- SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006b, 5 p. (**Comunicado Técnico**, 278).
- SILVA, B. R. M. **Crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária em função da evapotranspiração**. Campina Grande: UFCG, 2009, 147 p. Tese de Doutorado.
- SILVA, E. B.; TANURE, L. P. P.; SANTOS, S. R.; RESENDE JÚNIOR, P. S. Sintomas de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.4, p.392-397, abr. 2009.
- SILVA, L. C. AMORIM NETO, M. S. BELTRÃO, N. E. de M. **Recomendações Técnicas para o cultivo e época de plantio de mamona cv. BRS 149 Nordestina na micro região de Irecê, Bahia**. Campina Grande; Embrapa Algodão, 2000. 6p. (**Comunicado Técnico**, 112).
- SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 46 p. (**Embrapa Algodão. Circular Técnica**, 34).
- SOUSA, J. T., LEITE, V. D. e LUNA, J. G. **Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados**. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campina Grande – PB, V. 5. n.4 p.107-110,2003.
- SOUSA, J. T.; HAANDEL, A. V.; LIMA, E. P. C. HENRIQUE, I. N. **Utilização de Wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB**. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campina Grande – PB, V 9. n 4 p 285-290, 2004.
- SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: EDUEP, 2003. 135p.
- TAIZ, L.; ZIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TAVARES JÚNIOR, J. E.; DALTO, G. **Manejo eficiente da adubação nitrogenada**. MANAH. nº 165. Ano XXII. Jan, Fev e Mar de 2004. (**Divulgação Técnica**).

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K.; SOUSA, L. A. S.; RESENDE, P. L.; SILVA, N. D. Cultivo do pinhão-manso para produção de biodiesel. Viçosa-MG, **Centro de Produções Técnicas - CPT**, 2007. 220p.

TSADILAS, C. D. e VAKALIS, P. S. **Economic benefit from irrigation of cotton and corn with treated wastewater.** *Water Science and Technology: water supply*, v.3, n.4, p.223-229, 2003.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Produção de biocombustíveis: a questão do balanço energético. In: **I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, Anais...** Campina Grande – PB, 2004. Campina Grande: Embrapa, 2004. CD ROOM.

VAN HAANDEL, A., LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos – um manual para regiões de clima quente.** Campina Grande: Guerreiro e Catunda. 125p. 1994.

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HOIRAN, N. J.; MARA, D. D. **Manangement of domestic wastewater for reuse in irrigation.** *Water Science and Technology*, London, v.33, n.10-11, p.355-362, 1996.

WERNECK, J. E. F. L.; FERREIRA, R. S.A.; CHRISTOFIDIS, D. **O estado das águas no Brasil. Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos.** Geneva: Organização Meteorológica Mundial. 1999, 334p. ESI.

ZUCHI, J.; BEVILAQUA, G. A. P.; GALHO, A.; MARQUES, R. L. L.; SILVA, S. D. dos A. Efeito da torta de mamona sobre os componentes de rendimento de triticales. **Rev. Bras. de Agroecologia**, 2(2):1075-1078, 2007.