



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CLAYTON MOURA DE CARVALHO

PINHÃO MANSO: CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

FORTALEZA

2012

CLAYTON MOURA DE CARVALHO

PINHÃO MANSO: CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE SOB DIFERENTES LÂMINAS
DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana
Co-orientadora: Dra. Albanise Barbosa Marinho

FORTALEZA

2012

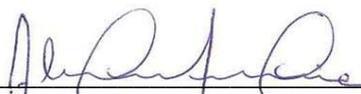
CLAYTON MOURA DE CARVALHO

PINHÃO MANSO: CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE SOB DIFERENTES LÂMINAS
DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 02/03/2012

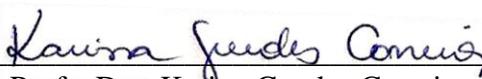
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC



Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho (Co-orientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB



Profa. Dra. Karina Guedes Correia
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE



Prof. Dr. Manoel Valnir Júnior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE Sobral



Prof. Dr. Júlio César de Sales
Faculdade de Tecnologia Centec – FATEC Cariri

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- C322c Carvalho, Clayton Moura de.
 Pinhão manso: crescimento e produtividade sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. / Clayton Moura de Carvalho. – 2012.
 104f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2012.
 Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
 Orientação: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana.
 Coorientação: Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho.
1. Irrigação localizada. 2. Adubação - Nitrogênio. 3. Biodiesel. I. Título.

A meus pais, José Magalhães de Carvalho e Maria Eunice Moura de Carvalho, por todo o amor, confiança e incentivo prestado a minha pessoa durante toda a minha vida. Ao meu filho, Raphael Vinicius Oliveira de Carvalho, por encher minha vida de alegria.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as oportunidades e conquistas ocorridas no decorrer de minha vida.

À FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de estudo durante a conclusão do meu doutorado.

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa que gerou esta tese.

À empresa Brasil Ecodiesel, pelo apoio integral na realização desta pesquisa.

Ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC, pela minha liberação total para cursar o Doutorado em Engenharia Agrícola.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de cursar o Doutorado.

Aos meus orientadores, Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana e Dra. Albanise Barbosa Marinho, por todas as orientações, ensinamentos e apoio durante todo o curso.

Ao mestrando Luís Alves, por toda a ajuda e dedicação durante esta pesquisa.

Aos técnicos da empresa Brasil Ecodiesel, Thiago e Boanerges, por todo o apoio na condução do experimento de campo e pela sua amizade.

Ao engenheiro agrônomo da Fazenda Bandeira, Hugo, por todo o apoio na condução do experimento de campo e pela sua amizade.

Aos professores pertencentes à banca examinadora, Profa. Karina Guedes, Prof. Valnir Júnior e Prof. Júlio Cesar, por todas as sugestões valiosas para o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus pais, José Magalhães de Carvalho e Maria Eunice Moura de Carvalho por toda a força e apoio na reta final da escrita da tese.

Aos professores Albanise, Camboim, Claudivan, Fábio Miranda, Marcos Bezerra, Marlos, Thales e Valdemício pelos ensinamentos durante o curso.

Ao secretário da pós-graduação em engenharia agrícola da Universidade Federal do Ceará, o Sr. Jacó, por toda a amizade e apoio durante o decorrer do curso.

Aos meus amigos de Pós-Graduação, Hernandes (Carioca), Antônio Henrique (Toca), Fabrício, Dimas, Geocleber, Kleiton, Cleyanderson, Clênio, Sávio, Robevania, Adriana, Vidal, Farnésio, Nilson, Cicero, Haroldo, Mauro Régis, entre outros, por todo companheirismo e apoio durante o curso.

Ao time de futebol society do DENA (Pós-graduação) formado por minha pessoa, Cleyanderson, Carioca, Toca, Prof. Claudivan, Jacó, Dimas, Clênio, Geocleber, Dirceu e

Fernando, pelo momento de laser durante o tempo que fiquei na UFC e pela conquista do vice-campeonato no torneio de futebol society do campus da UFC em 2009.

Aos meus alunos do Curso Superior de Irrigação e Drenagem da Faculdade de Tecnologia Centec Cariri, turma 2009.1 (Erialdo, Maria das Dores, Juliete, Benjamim, Luã, Fernanda, Jocivaldo, Joseina, Nerian, Simone) e da turma 2011.1 (Vanessa, Nara, Rafael, Pedro, Rita, Grazy, Ana Célia, Alisson, Ana Cláudia, Adalberto, Adenilson, Janaelle, Lídia, Cleilson), por serem mais um incentivo de grande importância para mais esta conquista em minha vida.

À Coordenadora do Curso Superior de Irrigação e Drenagem da Faculdade de Tecnologia Centec Cariri, Cira Belém Gonçalves Correia por todo o apoio e amizade.

À Aline Alves de Oliveira meu sincero e especial agradecimento por todo o apoio, carinho e amor prestados a minha pessoa durante o decorrer do curso de doutorado.

Enfim agradeço a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a obtenção desta conquista e também por todos que ficaram na torcida.

“Devemos viver intensamente o presente, refletindo sobre os atos do passado e planejando as ações do futuro.”

(Clayton Moura de Carvalho)

RESUMO

O governo do estado do Ceará tem buscado, sem muito sucesso, revitalizar a cultura do algodão, entretanto, os seus elevados custos fitossanitários têm impedido a expansão da área cultivada. Um das alternativas viáveis para a ocupação do espaço deixado pelo algodão é o cultivo do pinhão manso visando à produção do biodiesel. Face ao exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes níveis de lâminas de água e adubação nitrogenada no crescimento, na produção e no estado nutricional do pinhão manso. O trabalho foi desenvolvido no período de setembro de 2008 a fevereiro de 2010, na área experimental da Fazenda Bandeira pertencente a Agroempresa Brasil Ecodiesel, situada em Crateús – CE, localizada em 05°23'25''S, 40°57'38''W e 717 m de altitude. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação de cinco lâminas de água (50%, 75%, 100%, 125% e 150% da evaporação do Tanque Classe “A”), e quatro níveis de adubação nitrogenada (0%, 50%, 100% e 150% da adubação nitrogenada recomendada), totalizando 20 tratamentos com três repetições. As análises referentes ao crescimento foram realizadas aos 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a poda de uniformização. As variáveis analisadas foram o crescimento, a produção, a eficiência do uso da água e estado nutricional da planta. O potencial mátrico foi decrescendo a medida em houve o incremento das lâminas nos diferentes tratamentos com irrigação e foram crescentes na medida em que a fitomassa da planta aumentava. Com a maior lâmina de água foram alcançados os maiores valores de crescimento e produtividade. As doses de nitrogênio aplicadas neste experimento não foram suficientes para influenciar nos tratamentos de crescimento e produtividade da cultura. Houve um declínio nos valores da taxa de crescimento relativo em altura e diâmetro caulinar causado pelos fatores climáticos e pelo início da floração e formação de frutos. Os maiores valores da eficiência do uso da água na produção de frutos, sementes e albúmen foram encontrados com a menor lâmina aplicada. A menor lâmina aplicada foi de 735 mm e cada 2% de aumento deste volume obteve-se um aumento médio de 1% nas variáveis de produtividade. Como o semiárido cearense apresenta naturalmente condições de escassez hídrica torna-se viável o cultivo do pinhão manso com a lâmina de 735 mm, uma vez que esta apresenta uma economia de água de 124% em relação a maior lâmina aplicada. A ordem de acúmulo de macronutrientes nas folhas, de maneira geral, foi a seguinte: N > Ca > K > Mg > P.

Palavras-Chave: *Jatropha curcas* L., irrigação localizada, adubação nitrogenada, biodiesel.

ABSTRACT

The state government of Ceara has sought, without much success, to revive the cotton crop, however, their high costs have prevented the plant expansion of cultivated area. One of the viable alternatives to occupy the space left by the cultivation of cotton is aimed at producing jatropha biodiesel. Given the above, this study aimed to evaluate the effects of different levels of irrigation water and nitrogen fertilizer on growth, production and nutritional status of jatropha. The study was conducted from September 2008 to February 2010, at the Experimental of the Bandeira Farm belonging to Brasil Ecodiesel agribusiness, located in Crateús - CE, located at 05°23'25"S, 40°57'38"W and 717 m altitude. The experimental design was randomized blocks in split plots. The treatments were composed from a combination of five water slides (50%, 75%, 100%, 125% and 150% of pan evaporation class "A") and four nitrogen levels (0%, 50% , 100% and 150% of nitrogen recommended), totaling 20 treatments with three replications. The analyzes of the growth occurred at 30, 60, 90, 120, 150, 180 and 210 days after pruning of uniformity. The variables analyzed were growth, production, efficiency of water use and plant nutritional status. The matric potential gradually decreased the extent of the blades there was an increase in the different treatments were irrigated and increasing the extent that the biomass of the plant increased. With greater water depth were achieved the highest growth and productivity. Nitrogen rates applied in this experiment were not sufficient to influence the treatment of growth and yield. There was a decline in the values of relative growth rate in height and stem diameter caused by climatic factors and the onset of flowering and fruit formation. The higher efficiency of water use in the production of fruits, seeds and albumen were found with the lower blade applied. The lower blade 735 mm was applied and every 2% increase of volume gave a mean increase of 1% in productivity variables. As semiarid cearense naturally present conditions scarcity becomes feasible cultivating *Jatropha* with the blade of 735 mm, since this provides a saving in water of 124% in relation to the greater applied blade. The order of accumulation of nutrients in the leaves, in general, was as follows: N > Ca > K > Mg > P.

Keywords: *Jatropha curcas* L., irrigation, fertilization, biodiesel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Planta de pinhão manso.....	23
Figura 2 –	Caule de pinhão manso.....	24
Figura 3 –	Visão geral das folhas do pinhão manso.....	24
Figura 4 –	Inflorescência do pinhão manso.....	25
Figura 5 –	Área experimental da agroempresa Brasil Ecodiesel durante a implantação do sistema de irrigação.....	37
Figura 6 –	Área experimental da agroempresa Brasil Ecodiesel durante a condução da cultura.....	38
Figura 7 –	Croqui da área total com detalhamento da parcela e da subparcela.....	38
Figura 8 –	Vista geral do experimento.....	39
Figura 9 –	Produção de mudas de <i>Jatropha curcas</i> L. na Fazenda Bandeira.....	42
Figura 10 –	Plantas de <i>Jatropha curcas</i> L. antes da poda de uniformização.....	43
Figura 11 –	Plantas de <i>Jatropha curcas</i> L. após poda de uniformização.....	43
Figura 12 –	Avaliação em campo do sistema de irrigação.....	44
Figura 13 –	Página inicial da planilha eletrônica desenvolvida pelo autor.....	45
Figura 14 –	Sementes de pinhão manso.....	48
Figura 15 –	Albúmen da semente de pinhão manso.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação e evaporação do ar ocorrido durante a aplicação dos tratamentos na Fazenda Bandeira.....	55
Gráfico 2 – Lâminas de irrigação e lâminas aplicadas nos tratamento de irrigação....	56
Gráfico 3 – Potencial mátrico do solo em função da lâmina de água.....	58
Gráfico 4 – Potencial mátrico do solo em função da época de coleta de dados.....	59
Gráfico 5 – Potencial mátrico do solo em função da interação entre lâmina de irrigação e época de coleta.....	60
Gráfico 6 – Altura caulinar do pinhão manso em função da lâmina de água.....	63
Gráfico 7 – Altura caulinar do pinhão manso em função da época de coleta.....	64
Gráfico 8 – Altura caulinar do pinhão manso em função da interação entre lâmina de água e época de coleta.....	65
Gráfico 9 – Diâmetro caulinar do pinhão manso em função da época de coleta.....	67
Gráfico 10 – Taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão ma função da lâmina de água.....	69
Gráfico 11 – Taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso em função da época de coleta.....	70
Gráfico 12 – Taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso em função da interação da lâmina de água e época de coleta.....	72
Gráfico 13 – Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão manso em função da época de coleta.....	74
Gráfico 14 – Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar em função da interação lâmina de água e época de coleta.....	75
Gráfico 15 – Taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea do pinhão manso em função da época de coleta.....	76
Gráfico 16 – Número de frutos de pinhão manso em função da lâmina de água.....	78
Gráfico 17 – Peso médio do albúmen do pinhão manso por hectare em função da lâmina de água.....	79
Gráfico 18 – Produtividade de frutos de pinhão manso em função da lâmina de água.	81
Gráfico 19 – Produtividade de sementes de pinhão manso em função da lâmina de água.....	81

LISTA DE FIGURAS (Continuação)

Gráfico 20 – Produtividade de albúmen de pinhão manso em função da lâmina de água.....	82
Gráfico 21 – Relação do peso do albúmen x peso da semente de pinhão manso em função da lâmina de água.....	85
Gráfico 22 – Relação do peso do albúmen x peso do fruto do pinhão manso em função da lâmina de água.....	86
Gráfico 23 – Eficiência do uso da água na produção total de frutos do pinhão manso em função da lâmina de água.....	87
Gráfico 24 – Eficiência do uso da água na produção total de sementes do pinhão manso em função da lâmina de água.....	88
Gráfico 25 – Eficiência do uso da água na produção total de albúmen do pinhão manso em função da lâmina de água.....	88
Gráfico 26 – Teores foliares de nitrogênio na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares.....	91
Gráfico 27 – Teores foliares de fósforo na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares.....	93
Gráfico 28 – Teores foliares de potássio na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares.....	94
Gráfico 29 – Teores foliares de cálcio na cultura do pinhão manso, em função da época de amostras foliares.....	95
Gráfico 30 – Teores foliares de magnésio na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental. Crateús – CE, 2008.....	40
Tabela 2 –	Caracterização química do solo da área experimental. Crateús – CE, 2008.....	41
Tabela 3 –	Caracterização química da água da área experimental. Crateús – CE, 2008.....	41
Tabela 4 –	Descrição das épocas de coleta de dados.....	52
Tabela 5 –	Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento ($U_{2,0m}$) coletados na área experimental da Fazenda Bandeira, Crateús – CE, 2009/2010.....	52
Tabela 6 –	Distribuição mensal da precipitação ocorrida na Fazenda Bandeira. Crateús - CE. 2009/2010.....	54
Tabela 7 –	Fatores de cobertura utilizados nas diferentes épocas de coleta de dados na área experimental da Fazenda Bandeira, Crateús – CE, 2009/2010....	56
Tabela 8 –	Resumo da ANOVA da tensão de água no solo (potencial mátrico) em função das lâminas de irrigação e das épocas de coleta.....	57
Tabela 9 –	Resumo da ANOVA para a altura caulinar (AC) e diâmetro caulinar (DC) em função das lâminas de irrigação, das doses de nitrogênio e das épocas de coleta. Crateús – CE. 2009/2010.....	61
Tabela 10 –	Resumo da ANOVA para a taxa de crescimento relativo caulinar (TCR), taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCRDC) taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea (TCRFFE). Crateús – CE. 2009/2010.....	68
Tabela 11 –	Resumo da ANOVA para o número de frutos (NF), peso médio do fruto (PMF), peso médio da semente (PMS) e peso médio do albúmen (PMA). Crateús – CE. 2009/2010.....	77
Tabela 12 –	Resumo da ANOVA para a produtividade de frutos por hectare (PRODFH), produtividade de sementes por hectare (PRODSH) e produtividade de albúmen por hectare (PRODAH). Crateús – CE. 2009/2010.....	80

LISTA DE TABELAS (Continuação)

Tabela 13 –	Resumo da ANOVA para a relação do peso do albúmen x peso da semente (RPAPS) e relação do peso do albúmen x peso do fruto (RPAPF). Crateús – CE. 2009/2010.....	84
Tabela 14 –	Resumo da ANOVA para a eficiência do uso da água na produção total de frutos (EUAF), de sementes (EUAS) e de albúmen (EUAA) de pinhão manso no município de Crateús. 2009/2010.....	87
Tabela 15 –	Resumo da ANOVA para os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Crateús – CE. 2009/2010.....	90
Tabela 16 –	Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm, no final do experimento. Crateús – CE. 2010.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABA	Ácido Abscísico
AC	Altura Caulinar
AD	Água Disponível
ANOVA	Análise de variância
AP	Área da Planta
C	Época de Coleta Foliar
Ca	Cálcio
CENTEC	Instituto Centro de Ensino Tecnológico
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CUD	Coefficiente de Uniformidade de Distribuição
CV	Coefficiente de Variação
D	Diâmetro
DAP	Dias Após Poda de Uniformização
DC	Diâmetro Caulinar
DENA	Departamento de Engenharia Agrícola
E	Época de Coleta
ECA	Evaporação do Tanque Classe “A”
Ei	Eficiência de Irrigação
El	Espaçamento entre Linhas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ep	Espaçamento entre Plantas
ESALQ	Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz
EUA	Eficiência do Uso da Água
EUA _A	Eficiência do Uso da Água na Produção de Albúmen
EUA _F	Eficiência do Uso da Água na Produção de Frutos
EUA _S	Eficiência do Uso da Água na Produção de Sementes
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FATEC Cariri	Faculdade de Tecnologia Centec Cariri
Fc	Fator de Cobertura do Solo
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
FUNEP	Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (Continuação)

IFCE Sobral	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Campus Sobral
L	Lâmina de Água
L ₁	Lâmina Aplicada com 50% do Total Evaporado no Tanque Classe “A”
L ₂	Lâmina Aplicada com 75% do Total Evaporado no Tanque Classe “A”
L ₃	Lâmina Aplicada com 100% do Total Evaporado no Tanque Classe “A”
L ₄	Lâmina Aplicada com 125% do Total Evaporado no Tanque Classe “A”
L ₅	Lâmina Aplicada com 150% do Total Evaporado no Tanque Classe “A”
Log	Logarítimo
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MO	Matéria Orgânica
N ₁	Adubação com 0 kg ha ⁻¹ de Nitrogênio + 50 kg ha ⁻¹ de Fósforo + 50 kg ha ⁻¹ de Potássio
N ₂	Adubação com 25 kg ha ⁻¹ de Nitrogênio + 50 kg ha ⁻¹ de Fósforo + 50 kg ha ⁻¹ de Potássio
N ₃	Adubação com 50 kg ha ⁻¹ de Nitrogênio + 50 kg ha ⁻¹ de Fósforo + 50 kg ha ⁻¹ de Potássio
N ₄	Adubação com 75 kg ha ⁻¹ de Nitrogênio + 50 kg ha ⁻¹ de Fósforo + 50 kg ha ⁻¹ de Potássio
NPK	Adubação Mineral de Nitrogênio, Fósforo e Potássio
NSF	Número de Sementes por Fruto
PF	Peso do Fruto
PMA	Peso Médio do Albúmen
PMF	Peso Médio do Fruto
PMS	Peso Médio da Semente
PRODAP	Produtividade de Albúmen por Planta
PRODFH	Produtividade de Frutos por Hectare
PRODFP	Produtividade de Frutos por Planta
PRODSH	Produtividade de Sementes por Hectare
PRODSP	Produtividade de Sementes por Planta
RPAPF	Relação de Peso de Albúmen x Peso do Fruto
RPAPS	Relação de Peso de Albúmen x Peso da Semente
SBEA	Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (Continuação)

T	Tempo
TCRC	Taxa de Crescimento Relativo Caulinar
TCRDC	Taxa de Crescimento Relativo em Diâmetro Caulinar
TCRFFE	Taxa de Crescimento Relativo em Fitomassa Fresca Epígea
Ti	Tempo de Irrigação
Tmax	Temperatura Máxima do Ar
T _{méd}	Temperatura Média do Ar
Tmin	Temperatura Mínima do Ar
UESC	Universidade Estadual de Santa Cruz
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFLA	Universidade Federal de Lavra
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UNILAB	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
UR	Umidade Relativa
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
*	Efeito Significativo a 5% de Probabilidade
**	Efeito Significativo a 1% de Probabilidade
®	Marca Registrada
<i>f</i>	Fator de Ajuste em Função do % da Evaporação Medida no Tanque Classe “A”
g kg ⁻¹	Grama por Quilo
H	Altura
K	Potássio
kg ha ⁻¹	Quilo por Hectare
kg m ⁻³	Quilo por Metro Cúbico
KOH	Hidróxido de Potássio
L ha ⁻¹	Litro por Hectare
m s ⁻¹	Metros por Segundo
m ³ ha ⁻¹	Metro Cúbico por Hectare
Mg	Magnésio
mm	Milímetro
N	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de Sódio
ns	Não Significativo
°C	Graus Celsius
P	Fósforo
q	vazão média dos valores coletados nos gotejadores
q ₂₅	vazão média dos 25% menores valores das vazões coletadas nos gotejadores
Qg	Vazão do Gotejador
qi	vazão coletada no gotejador
R ²	Coefficiente de Determinação
U _{2,0m}	Velocidade do Vento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	A cultura do pinhão manso.....	22
2.1.1	<i>Origem da cultura.....</i>	22
2.1.2	<i>Características botânicas.....</i>	23
2.1.3	<i>Importância sócio-econômica.....</i>	26
2.1.4	<i>Produtividade.....</i>	27
2.1.5	<i>Clima, solo e adubação.....</i>	28
2.1.6	<i>Propagação da cultura e plantio.....</i>	29
2.1.7	<i>Óleo do pinhão manso para obtenção do biodiesel.....</i>	30
2.2	Importância da água para produção vegetal.....	32
2.3	Importância da adubação nitrogenada.....	34
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1	Caracterização do local do experimento.....	37
3.2	Área e delineamento experimental.....	38
3.3	Caracterização do solo e da água da área experimental.....	40
3.4	Preparo do solo, plantio e condução da cultura.....	42
3.5	Poda de uniformização.....	43
3.6	O manejo da irrigação.....	44
3.7	Variáveis avaliadas.....	46
3.7.1	<i>Fitomassa fresca.....</i>	46
3.7.2	<i>Produção do pinhão manso.....</i>	47
3.7.3	<i>Eficiência do uso da água.....</i>	49
3.7.4	<i>Estado nutricional da planta.....</i>	50
3.8	Análises estatísticas.....	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1	Dados climáticos.....	52
4.1.1	<i>Temperatura, umidade do ar e velocidade do vento.....</i>	52
4.1.2	<i>Precipitação e evaporação.....</i>	54
4.2	Manejo da irrigação.....	55
4.2.1	<i>Potencial mátrico.....</i>	57

SUMÁRIO (Continuação)

4.3	Fitomassa fresca.....	61
4.3.1	<i>Altura e diâmetro caulinar.....</i>	61
4.3.1.1	<i>Altura caulinar.....</i>	61
4.3.1.2	<i>Diâmetro caulinar.....</i>	66
4.3.2	<i>Análise de crescimento não destrutiva.....</i>	68
4.3.2.1	<i>Taxa de crescimento absoluto e relativo em altura caulinar.....</i>	69
4.3.2.2	<i>Taxa de crescimento absoluto e relativo em diâmetro caulinar.....</i>	73
4.3.2.3	<i>Taxa de crescimento absoluto e relativo em fitomassa fresca epígea.....</i>	76
4.4	Produção do pinhão manso.....	77
4.4.1	<i>Número de frutos.....</i>	77
4.4.2	<i>Peso médio.....</i>	78
4.4.3	<i>Produção total.....</i>	80
4.4.4	<i>Relações de peso.....</i>	83
4.5	Eficiência do uso da água.....	86
4.6	Estado nutricional da planta por diagnose foliar.....	89
4.6.1	<i>Macronutrientes.....</i>	89
4.6.1.1	<i>Nitrogênio.....</i>	91
4.6.1.2	<i>Fósforo.....</i>	93
4.6.1.3	<i>Potássio.....</i>	94
4.6.1.4	<i>Cálcio.....</i>	95
4.6.1.5	<i>Magnésio.....</i>	96
5	CONCLUSÕES.....	97
	REFERÊNCIAS.....	98

1 INTRODUÇÃO

A energia é um elemento estratégico e essencial para o desenvolvimento socioeconômico e para o bem-estar das pessoas. Atualmente, predomina a energia oriunda de fontes fósseis como o petróleo. Com o previsível esgotamento destas fontes de energia não renováveis o interesse por alternativas de energia renovável vem aumentando em todo o mundo. Além disso, a utilização de combustíveis fósseis como forma de manter o desenvolvimento econômico possui outro fator agravante: a combustão desse tipo de fonte acarreta o aumento da emissão de gases poluentes na atmosfera, um processo de degradação constante e sem precedentes para a vida humana.

Diante desta problemática, os biocombustíveis surgem como a principal alternativa, como por exemplo, o biodiesel que é um combustível obtido através de óleos vegetais (girassol, pinhão manso, algodão, soja, mamona, babaçu, etc.). Essa fonte renovável de energia, além das vantagens ecológicas, pode ainda proporcionar o aumento da renda no meio rural, gerar empregos, diminuir a êxodo rural e promover melhorias socioeconômica e ambiental em todo semiárido brasileiro.

As vantagens citadas acima eram outrora atendidas pela cultura do algodão, o que o colocavam como base de sustentação socioeconômica de muitos municípios nordestinos. Contudo, em meados da década de 80, com a chegada do bicudo, seu cultivo tornou-se inviável decorrente, principalmente, pelos elevados custos fitossanitários. Vê-se portanto, a necessidade eminente de introduzir novas alternativas que retome o crescimento sustentado do meio rural e como tal apresenta-se o biodiesel como importante alternativa para o desenvolvimento regional. Das muitas culturas com finalidade para biodiesel, merecem especial atenção as culturas da mamona e pinhão manso pela forte adaptabilidade ao clima semiárido. Com ressalvas a este último pela quantidade e qualidade do óleo extraído e pelo longo ciclo produtivo.

Em regiões semiáridas, como o município de Crateús – CE, a baixa pluviosidade e o empobrecimento nutricional dos solos apresentam-se como os principais responsáveis pela baixa produtividade de diversas culturas, inclusive aquelas cultivadas para obtenção do óleo vegetal destinado a produção de biodiesel. Nestas condições, a irrigação se torna uma estratégia de cultivo com menor risco de perdas por falta de chuva.

Com a exceção da água, o nitrogênio é geralmente considerado o nutriente mais limitante para o crescimento de plantas no seu ambiente natural. O nitrogênio é um macronutriente primário essencial às plantas em razão de participar da formação de proteínas,

aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas e a sua deficiência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução no tamanho e, conseqüentemente, redução da produção econômica das sementes.

A irrigação e as adubações, quando corretamente aplicadas, são práticas altamente recomendadas, por influenciar direta e positivamente a produtividade. Porém, a falta de informações sobre os níveis adequados de irrigação e de fertilizantes a serem aplicados em cada condição de plantio, não tem permitido, na maioria dos casos, inferências a respeito desses insumos, o que tem prejudicado o desenvolvimento de muitas culturas. Essa carência é visivelmente notada com a cultura do pinhão manso, a quase inexistência de publicações pertinentes, tem dificultado, inclusive, políticas que promovam sua expansão em programas de governo.

As pesquisas com o pinhão manso têm se limitado até hoje a disponibilizar informações básicas de plantio, tais como: germinação, plantio, espaçamento e combate a pragas e doenças nas fases iniciais de cultivo do pinhão manso e, normalmente, em vaso. Sob esta perspectiva, está embasado o objetivo principal desta pesquisa, o qual considera imprescindível estudos de campo sobre o uso de água pela cultura e a aplicação de adubos minerais, nitrogenados, bem com suas interações e influência na produção da cultura, proporcionando informações importantes para a viabilização econômica da exploração do pinhão manso no semiárido nordestino.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do pinhão manso

2.1.1 Origem da cultura

No mundo todo, existe pouco conhecimento sobre o pinhão manso, cujo gênero tem mais de 170 espécies, sendo a mais importante a *Jatropha curcas* L., uma planta conhecida e cultivada há vários anos, porém somente nos últimos 30 anos é que foram iniciados estudos agrônômicos sobre a mesma, sendo ainda não domesticada (SATURNINO *et al.*, 2005).

O pinhão manso, também conhecido como pinhão do Paraguai, purgueira, pinha-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, figo-do-inferno, pião, pinhão-das-barbadas, sassi, dentre outros, é provavelmente originário do Brasil, tendo sido introduzido por navegadores portugueses nas Ilhas do Arquipélago Cabo Verde e Guiné, de onde foi disseminada pelo continente Africano (ARRUDA *et al.*, 2004, p. 790).

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem a sua origem provável no Brasil. Atualmente, é encontrado em quase todas as regiões do planeta, em maior ocorrência nas regiões tropicais e temperadas e, em menor nas regiões frias (AVELAR *et al.*, 2007a, SATURNINO *et al.*, 2005, ARRUDA *et al.*, 2004). Este fato se deve por esta espécie ser exigente em insolação com alta resistência à seca e também ser muito adaptável às várias condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada desde o Nordeste até São Paulo e Paraná (ARRUDA *et al.*, 2004).

Constituí-se fator econômico industrial no Arquipélago de Cabo Verde, em Angola, Guiné, Moçambique, nas Antilhas Britânicas, Filipinas, México, Porto Rico, Venezuela e El Salvador, sempre ao lado de outras culturas, sendo uma das maiores riquezas do Arquipélago de Cabo Verde, que era um dos principais produtores e exportadores mundiais de tais sementes (CORTESÃO, 1956; PEIXOTO, 1973 *apud* ARRUDA *et al.*, 2004, p. 791).

Segundo Cortesão (1956) e Peixoto (1973) *apud* Arruda *et al.* (2004, p. 791): [...] o pinhão manso se desenvolve bem tanto nas regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais úmidas, assim como nos terrenos áridos e pedregosos, podendo, sem perigo, suportar longos períodos de secas. Encontra-se desde a orla marítima, ao nível do mar, até 1.000 metros de altitude, sendo o seu cultivo mais indicado em regiões que apresentem entre 500 e 800 metros de altitude. Nos terrenos de encosta, áridos e expostos ao vento, desenvolve-se pouco, não ultrapassando os 2 metros de altura.

2.1.2 Características Botânicas

O pinhão manso pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca, é uma cultura perene, rústica e adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas (ALVES *et al.*, 2008).

Há duas variedades: a catártica medicinal, a mais dispersa no mundo, com amêndoas muito amargas e purgativas e a variedade árvore de coral, medicinal-de-espanha, árvores de nozes purgativas, com folhas eriçadas de pêlos glandulares que segregam látex, límpido, amargo, viscoso e muito cáustico (ARRUDA *et al.*, 2004).

É um arbusto grande, de crescimento rápido (Figura 1), cuja altura normal é dois a três metros, mas pode alcançar até cinco metros em condições especiais. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; o tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos (Figura 2), com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas. As folhas do pinhão são lobadas, e quando novas apresentam coloração vermelho-vinho, cobertas com lanugem brancas, e à medida que envelhecem se tornam verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas (Figura 3), com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior (AVELAR *et al.*, 2008; GUIMARÃES, 2008).

Figura 1 – Planta de pinhão manso



Fonte: Carvalho (2009).

Figura 2 – Caule de pinhão manso



Fonte: Carvalho (2009).

Figura 3 – Visão geral das folhas do pinhão manso



Fonte: Carvalho (2009).

Segundo Avelar *et al.* (2008, p. 2755), “[...] o pecíolo é longo e esverdeado, do qual partem as nervuras divergentes. Os pecíolos caem, em parte ou totalmente, no final da época seca, ou durante a estação fria. A planta permanece em repouso até o início da primavera, ou início da estação chuvosa”.

As inflorescências surgem junto com as folhas novas. A inflorescência do pinhão manso, assim como na mamona, surge no ápice do caule impedindo seu

desenvolvimento apical. As flores são amarelo-esverdeadas, monóicas, unissexuais e produzidas em uma mesma inflorescência. As flores femininas apresentam um pedúnculo longo, não articulado, com três células elípticas, ovário com três carpelos, cada um com um lóculo que produz um óvulo com três estigmas bifurcados separados, isoladas em menor número que as masculinas, as quais se localizam nas ramificações. As flores masculinas com dez estames, cinco unidos à coluna, são mais numerosas e situadas nas pontas das ramificações (Figura 4). (AVELAR *et al.*, 2008, p. 2755).

Figura 4 – Inflorescência do pinhão manso



Fonte: Carvalho (2009).

A planta de pinhão manso segue a arquitetura clássica das euforbiáceas, onde a primeira inflorescência é apical e, assim que surge o brotamento de dois novos ramos, são emitidos ramos secundários, que passam a serem axilares até o surgimento de novas inflorescências, que por sua vez impedem novamente o crescimento apical, surgindo dois novos ramos, ramos terciários. (AVELAR *et al.*, 2007b, p. 18).

A semente do pinhão manso, que tem massa variando aproximadamente entre 0,5 e 0,8 g, é relativamente grande, e quando seca, mede de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura. Tem tegumento rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Debaxo do invólucro da semente, há uma película cobrindo a amêndoa. Apresenta albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião, provido de dois largos cotilédones achatados. Estas podem ter em torno de 33 a 45% de cascas e 55 a 66% de amêndoa. Aproximadamente, a amêndoa fornece 50 a 52% de óleo, extraído com solvente, e entre 25 a 30 % em casos de extração por prensagem (SILVA, 2010; ARRUDA *et al.*, 2004).

O sistema radicular do pinhão manso é do tipo pivotante, com uma raiz principal que atinge grandes profundidades. Apresenta grande quantidade de raízes laterais,

responsáveis pela nutrição da planta. De uma forma geral, pode-se dizer que a profundidade do sistema radicular é equivalente à altura da planta, assim como o diâmetro de exploração de solo (AVELAR *et al.*, 2007b, p. 18).

2.1.3 Importância sócio-econômica

A busca por sistemas sustentáveis tornou-se uma meta fundamental para a sociedade como um todo, face às irreversíveis e negativas mudanças ocorridas no meio ambiente, geradas pelo processo de industrialização e seus desdobramentos (EVANGELISTA *et al.*, 2011; FARIA *et al.*, 2011).

Em face deste quadro, somada à gradual redução das reservas de petróleo, alternativas produtivas vêm sendo estudadas, visando a obtenção de sistemas economicamente viáveis, socialmente justos, ecologicamente adequados e energeticamente equilibrados. Uma destas alternativas é o biodiesel, sendo que, dentre as culturas energéticas apontadas com grande potencial produtivo de óleo para fins combustíveis, a do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) apresenta um cenário promissor (FRANCIS *et al.*, 2005).

O pinhão manso foi largamente utilizado na indústria de sabão e igualmente em cercas-vivas firmes, mas atualmente os interesses pela planta tem tido relação com a produção de combustível renovável (SILVA-MANN, *et al.*, 2007).

Até antes da segunda Guerra Mundial, em 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. Não pode, contudo, ser utilizado como lubrificante, devido a sua baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, que podem provocar rápida resinificação, no entanto pesquisas levaram a conclusão de que esse óleo pode também ser utilizado como combustível nos motores Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com quase igual potência às conseguidas com a gasolina. Contudo, o consumo é evidentemente maior, devido à diferença dos poderes caloríficos (CORTESÃO, 1956 *apud* ARRUDA *et al.*, 2004, p. 793).

O subproduto principal do pinhão manso é a torta, rica em N, P, K e matéria orgânica, empregada como fertilizante e tendo efeito nematicida. Quando destoxificada pode ser usada como ração animal, à semelhança da torta de mamona, contendo 57% de proteína. (DIAS *et al.*, 2007).

Ferreira *et al.* (2007, p.22) acrescentam que: “[...] o pinhão manso pode ser usado como carvão vegetal e matéria prima para fabricação de papel. Seu óleo também pode ser usado como repelente de insetos em pomares”.

De acordo com Silva *et al.* (2009a), o pinhão manso pode ser cultivado em terrenos que não sejam propícios à mecanização, como áreas montanhosas, encostas e outros,

contribuindo assim com o aumento da área plantada e reflorestada, ajudando no sequestro de carbono e reduzindo o efeito estufa.

Segundo Silva (2010) o pinhão manso é considerado como uma boa opção agrícola para áreas áridas, semiáridas e na recuperação de áreas degradadas, sua produção promove a geração de lucro pela vendas das sementes; é suprimento de energia, pois o óleo pode ser utilizado em motores e máquinas para geração de eletricidade; e contribui para o desenvolvimento rural, com o emprego da mão-de-obra familiar.

O pinhão manso vem sendo considerado uma das espécies promissoras para a produção de biodiesel no Brasil, visto suas características indicadoras de um balanço energético/econômico favorável (SILVA *et al.*, 2009b).

Pelo emprego do seu óleo e possibilidade de uso na produção do biodiesel, grande rusticidade, boa adaptação às variações do meio ambiente e pelo papel que pode exercer na proteção do solo, podendo também, ser cultivado em consórcio com outras culturas de importância econômica, tem grande importância para o melhor aproveitamento agrícola da região semiárida, apresentando-se com uma boa opção para a economia dessa região (SATURNINO *et al.*, 2005).

O aumento das áreas de plantio do pinhão manso pode auxiliar na fixação de mão-de-obra na zona rural pela geração de emprego e fornecer matéria prima para a indústria. No entanto, a falta de conhecimento científico sobre essa cultura, dificulta sua divulgação, fazendo-se necessários estudos por parte de instituições de pesquisa que possibilitem fazer recomendações técnicas seguras sobre seu cultivo, colheita e aproveitamento industrial (ALBUQUERQUE *et al.*, 2007, p.218)

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), apesar de ainda ser muito pouco estudado e não domesticado, está sendo considerado uma possível opção agrícola para a região Nordeste, pois, com a possibilidade do uso do óleo do pinhão manso para a produção do biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio com esta cultura no semiárido nordestino (ALBUQUERQUE, 2008).

2.1.4 Produtividade

Segundo Arruda *et al.* (2004), a produtividade do pinhão manso varia muito, em função da região de plantio, do método de cultivo, dos tratos culturais, da idade da cultura, da quantidade de chuva e da fertilidade do solo.

A produção no primeiro ano pode alcançar até 500 kg ha⁻¹, dependendo de condições locais, de clima e de solo. No segundo ano a produtividade aumenta para cerca de

1.500 kg ha⁻¹, passando para aproximadamente 3.000 kg ha⁻¹ no terceiro e elevando-se para cerca de 5.000 kg ha⁻¹ a partir do quarto ano. O ponto ideal de colheita é quando o fruto começa a mudar de cor, de verde para amarelo (PINHÃO MANSO, 2012).

Os resultados de pesquisa têm revelado que para se obter alta produtividade de frutos, a planta necessita de água e exige solos férteis e com boas condições físicas. Logo, a irrigação, correção da acidez e da fertilidade do solo são fatores decisivos para se obter sucesso e lucratividade com essa cultura (CHAVES *et al.*, 2009; LAVIOLA & DIAS, 2008).

2.1.5 Clima, solo e adubação

A cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é tida como uma planta rústica, adaptando-se as mais variadas condições de clima e solo. Porém, apesar de ser uma planta com características extremamente interessantes, necessita de um grande esforço da pesquisa para a sua completa domesticação (DALCHIAVON *et al.*, 2008).

O pinhão manso é de uma espécie caducifólia, e apesar de tolerante a seca, pode ter a produtividade comprometida, em regiões com precipitações pluviais abaixo de 600 mm ano⁻¹ (SATURNINO *et al.*, 2005), o que frequentemente ocorre no semiárido brasileiro.

Em termos de condições edafoclimáticas, Dias *et al.* (2007) p.298 descrevem as necessidades hídricas do pinhão manso como: “[...] planta rústica, pouco exigente, vegetando e produzindo melhor em altitudes entre 600 e 800 m, com um mínimo de precipitação anual de 600 mm, e sob temperaturas médias moderadas a altas, típicas das regiões semiáridas”.

No que diz respeito ao solo, segundo Saturnino *et al.* (2005), o pinhão manso é apontado como uma planta capaz de se desenvolver e produzir em terrenos marginais e apresentar bons resultados na recuperação de áreas degradadas. É uma cultura resistente à seca, podendo se desenvolver em vários tipos de solos, inclusive os arenosos, pedregosos, salinos, alcalinos e rochosos, os quais, sob o ponto de vista nutricional e físico, são restritivos ao pleno desenvolvimento de raízes.

O solo pode ser preparado com uma aração, estando seco ou em consistência friável, dependendo de sua textura e estrutura. Em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5, as raízes do pinhão não se desenvolvem, sendo necessário a realização de calagem com base na análise química do solo, a qual indicará o tipo e a quantidade de calcário a ser utilizado. Se necessário, a calagem deve ser realizada cerca de 3 meses antes do plantio, com o calcário incorporado a uma profundidade de até 20 cm do solo, em duas aplicações, antes da aração e

quando da gradagem específica para a correção do solo (PEIXOTO 1973 *apud* ARRUDA *et al.*, 2004).

A adubação de fundação deve seguir as recomendações da análise química completa do solo, incluindo o teor de matéria orgânica. Os resíduos da extração do óleo pode ser utilizado como adubo orgânico nos plantios desta euforbiácea, pois além de enriquecer o solo com matéria orgânica, incorpora significativa quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio, contribuindo para manter um nível de produtividade mais regular da cultura e diminuindo o consumo de fertilizantes químicos (GUIMARÃES, 2008).

Contudo, por ser uma espécie selvagem, ou seja, não melhorada, ainda existem poucas informações agronômicas a seu respeito, principalmente em condições de estresse hídrico e nutricional.

2.1.6 Propagação da cultura e plantio

A propagação do pinhão manso pode ser feita através de estacas ou sementes, sendo que o plantio por sementes é o mais recomendado em virtude de permitir plantas resistentes com maior longevidade e melhor formação do sistema radicular. No entanto, esta oleaginosa ainda não está totalmente domesticada e tem sido frequente a ocorrência de problemas relacionados às sementes que apresentam germinação irregular e perda do poder germinativo após alguns meses de armazenamento (SEVERINO *et al.*, 2006a).

Segundo Pereira *et al.* (2007), a espécie é propagada principalmente por sementes obtidas a partir de plantas matrizes selecionadas por produtores, que comercializam as sementes, não existindo ainda no Brasil um sistema organizado para a produção e comercialização destas sementes. Torna-se importante, portanto, que sejam estabelecidos padrões internos para a produção e comercialização de sementes de pinhão manso, uma vez que as sementes que vem sendo comercializadas atingem alto valor comercial no mercado, chegando a valores de R\$ 120,00 por quilo. Neste contexto, o estabelecimento de metodologias adequadas para a avaliação da qualidade das sementes antes destas serem disponibilizadas no mercado é importante, pois a utilização de sementes de alta qualidade é a base para se obter estande com e lavouras uniformes, constituídas por plantas vigorosas e bem nutridas.

De acordo com Saturnino *et al.* (2005), apesar da germinação de sementes de pinhão manso ser rápida (dez dias em condições ideais), o tempo de permanência das mudas no viveiro pode chegar a três meses até que atinjam de 30 a 40 cm de altura, quando já

desenvolveram o seu odor repelente e não mais serão consumidos por animais no campo. Os autores acrescentam que além da reprodução sexuada, o pinhão manso tem propagação vegetativa via estacas e enxertia. Sendo que as plantas oriundas de sementes florescem nove meses depois de semeadas, enquanto as multiplicadas via estaquia, aos seis meses depois de plantadas.

Faria *et al.* (2011) recomendam o início do período chuvoso como à melhor época para o plantio do pinhão manso, pois devido às precipitações que proporcionam uma boa umidade no solo pode assegurar um bom desenvolvimento das plantas. No entanto, quando se dispõe de água para irrigação, o plantio pode ser feito em qualquer época.

Na semeadura o plantio definitivo tem a grande vantagem de evitar traumatismo nas raízes, o que repercute durante todo o ciclo da planta, todavia, requer constante vigilância das plantas contra o ataque de pragas e doenças, além da necessidade de constantes capinas, até as plantas serem capazes de suportar a competição das ervas daninhas por água, luz e nutrientes. No viveiro, as mudas dispensam todos os cuidados exigidos pelas mudas no campo, mas sofrem o danoso traumatismo nas raízes. O plantio das estacas é feito nas covas, enterrando-as até 20 cm de profundidade, ligeiramente inclinada na direção nascente-poente, firmando bem a terra a sua volta (PEIXOTO 1973 *apud* ARRUDA *et al.*, 2004).

2.1.7 Óleo do pinhão manso para obtenção do biodiesel

A cadeia energética mundial se baseava em fontes não renováveis de energia, como o carvão e petróleo que estão se extinguindo. O novo insumo para a conversão da cadeia energética atual é o biodiesel, através das plantas oleaginosas. Estas além de permitirem a exploração de bioenergia também são sumidouros de carbono, pois fixam carbono na constituição do seu corpo físico durante o período de crescimento, captando o CO₂ da atmosfera e, por fotossíntese, o convertendo em celulose (SANTOS *et al.*, 2007a).

O Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, o qual pode ser obtido por diferentes processos, tais como craqueamento, esterificação ou pela transesterificação; pode, também, ser produzido de uma grande variedade de matérias primas, que incluem a maioria dos óleos vegetais, como óleo de mamona (*Ricinus communis* L.), soja (*Glycine max* L.), algodão (*Gossypium* L.), dendê (*Elacis guineensis* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), canola (*Brasica napus* L.), girassol (*Helianthus annus* L.), açafraão (*Crocus sativus* L.), coco (*Cocos mucifera* L.), babaçu (*Orbygnya phalerata* L.) e pinhão manso

(*Jatropha curcas* L.), dentre outros, além de gorduras de origem animal (usualmente sebo), e óleos de descarte (óleos usados em frituras) (PARENTE, 2003).

Segundo Freire *et al.* (2007), o biodiesel é constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtido da reação de transesterificação de óleos de origem vegetal ou animal com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, na presença de um catalisador, geralmente NaOH ou KOH.

A produção de óleos vegetais no Brasil, com finalidade energética, o chamado biodiesel, ainda é incipiente, não obstante o potencial que apresenta, em razão das dimensões territoriais, e da elevada diversidade edafoclimática, além do grande número de espécies oleaginosas que podem ser utilizadas para tal fim (SATURNINO *et al.*, 2005).

O uso do óleo vegetal, como uma alternativa renovável de combustível, para competir com o óleo diesel foi proposto na década de 1980. Os óleos vegetais têm sido bastante aceitos e utilizados na produção do biodiesel, apesar de algumas dificuldades que surgiram inicialmente devido à viscosidade natural desses óleos e ao baixo poder de ignição desse material. Algumas de suas vantagens como combustível em relação ao diesel são: alto valor energético, baixo conteúdo de enxofre e de aromático, são biodegradáveis e renováveis. Salienta-se que, a qualidade dos óleos é determinada pela quantidade e qualidade dos ácidos graxos insaturados que os compõem (BICUDO *et al.*, 2007)

O cultivo de pinhão manso reúne diversas vantagens comparativas para a produção de biodiesel: trata-se de planta perene, rústica, exigente em insolação, resiste a seca, de fácil manejo, com óleo de qualidade para biodiesel em alto teor nas sementes (38%) com variações pouco significativas de acidez, além de possuir melhor estabilidade à oxidação do que a soja e a palma, e boa viscosidade se comparado ao da mamona, além de ser uma planta adequada ao consórcio com outros cultivos, por ser arbustiva e plantada em espaçamentos largos (NUNES *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2007; FREIRE *et al.*, 2007).

Segundo os mesmos autores, tais vantagens credenciam o pinhão manso como espécie apropriada para cultivo em pequenas propriedades com mão de obra familiar, gerando renda e fixando o homem no campo.

Para Saturnino *et al.* (2005) e Santos *et al.* (2007b) esta oleaginosa, é viável para a obtenção do biodiesel, pois das suas sementes é extraído um óleo inodoro, que queima sem emitir fumaça. Com excelente qualidade para queima, sendo muito adequado para a transesterificação do biodiesel, além de produzir, no mínimo, duas toneladas de sementes por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que se estende por 40 anos.

Santos *et al.* (2007b, p.141) acrescentam que: “Para uma contínua e alta produção de óleo é importante ter plantas que produzam grandes quantidades de frutos e sementes com alto potencial germinativo e boa qualidade fisiológica”.

2.2 Importância da água na produção vegetal

Segundo Roza (2010), um dos recursos tidos como críticos para viabilizar os programas sustentáveis é a água. O que torna necessários estudos a respeito da relação entre água e produção de biomassa para fins enérgicos, como por exemplo, a produção de biodiesel a partir do pinhão manso.

Embora seja uma espécie adaptada a semiaridez, exigente em calor e luminosidade, a garantia de produção deverá ser maior com irrigação e para se obter um bom desenvolvimento e alta produtividade a planta exige solos férteis, com boas condições físicas e hídricas (NERY *et al.*, 2009; LAVIOLA & DIAS, 2008).

O uso adequado da água favorece a obtenção de altos rendimentos. Por outro lado, o manejo da água exige conhecimentos sobre o seu efeito no crescimento e no rendimento das culturas (FREITAS, 1999 *apud* VALNIR JÚNIOR, 2007).

A água desempenha um papel fundamental na planta, participando da maioria dos processos bioquímicos essenciais à vida e constituindo de 80 a 95% da massa dos tecidos vegetais. No entanto, a água é continuamente perdida para a atmosfera e absorvida do solo. Para cada grama de matéria orgânica produzida pela planta, aproximadamente 500 g de água são absorvidos pelas raízes, transportados através do corpo da planta e perdidos para a atmosfera (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Reichardt e Timm (2004) afirmam que, qualquer cultura durante seu ciclo de desenvolvimento consome um enorme volume de água, sendo que cerca de 98% deste volume passa pela planta, perdendo-se posteriormente na atmosfera pelo processo de transpiração. Este fluxo de água é, porém, necessário para o desenvolvimento vegetal e por este motivo sua taxa deve ser mantida dentro de limites ótimos para cada cultura.

A disponibilidade de água no solo interfere na produção vegetal. Sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas. A saturação hídrica do solo prejudica o desenvolvimento das raízes e da parte aérea e também a fixação de nitrogênio pelo sistema radicular.

Segundo Laime *et al.* (2009), o pinhão manso sofre influência do estresse hídrico, considerando-se a redução na altura das plantas se comparados os menores e os maiores níveis de reposição da evapotranspiração.

A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e associada a esse evento, a diminuição do processo de crescimento (particularmente o crescimento em extensão). Deficiência hídrica significa que a extensão celular não pode acontecer, pois a pressão de turgescência é inadequada, ou se já estava iniciado o processo de crescimento celular, torna-se cada vez mais lento e termina prematuramente, devido, talvez, à alta concentração de ácido abscísico (LARCHER, 2000).

As necessidades hídricas das culturas são bastantes variáveis e dependem principalmente das condições climáticas. Doorembos e Kassan (1994) afirmam que a necessidade de água das culturas se expressa normalmente pela taxa de evapotranspiração e que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica do solo e da cobertura do solo.

Segundo Lacerda *et al.* (2009), o conteúdo de água no solo e a matéria orgânica influenciam no crescimento e desenvolvimento da mamoneira proporcionando aumento nas suas taxas de crescimento e desenvolvimento e em sua produção de fitomassa.

A ausência de resultados de pesquisa a respeito dos efeitos de diferentes conteúdos de umidade existente no solo sobre o desenvolvimento e rendimento da cultura e o agravamento da crise de abastecimento de água, principalmente nas áreas semiáridas, torna imprescindível estabelecer fronteiras entre os limites mínimos de produtividade e a disponibilidade de água para culturas economicamente reconhecidas como adaptadas/viáveis à região (BARROS JÚNIOR *et al.*, 2010).

Sendo a água um fator limitante para a expansão da agricultura, principalmente, em regiões áridas e semiáridas, caso da maior parte do estado do Ceará torna-se necessário à aplicação de água de forma artificial com o uso da irrigação. Segundo Evangelista *et al.* (2009) a irrigação aliada a uma adubação correta, é uma técnica que além de incrementar a produtividade, pode propiciar a obtenção de um produto diferenciado, de melhor qualidade e com perspectivas de bons preços no mercado.

A irrigação deve repor ao solo a quantidade de água retirada pela cultura e o momento de se irrigar é aquele em que a disponibilidade de água no solo assume valor mínimo, abaixo do qual a planta começa a sentir os efeitos da restrição de água (TORMENA *et al.*, 1999 *apud* ALBUQUERQUE *et al.*, 2009).

O fornecimento artificial de água às culturas requer controle e manejo adequados, pois, embora sendo a água crucial para incrementos positivos na produção, seu excesso ou escassez contribuem para baixos rendimentos dos cultivos (VALNIR JÚNIOR, 2007).

O manejo da irrigação envolve a tomada de decisão sobre quando irrigar e quanto de água aplicar. Para auxiliar na tomada de decisão mais apropriada diferentes métodos foram desenvolvidos. Pode-se, portanto, programar a irrigação usando-se um método ou uma combinação de dois ou mais métodos. Entre os métodos de manejo da irrigação disponíveis, os mais usados baseiam-se em: (1) turno de rega calculado; (2) medidas do teor ou estado energético da água no solo; (3) balanço hídrico diário na zona radicular e (4) instrumentos de evaporação (BERNARDO; SOARES; MATOVANI, 2005).

A irrigação localizada, mais precisamente o gotejamento, tem-se mostrado um excelente método para culturas com alta sensibilidade à presença de água nas folhas e nas hastes. Para se determinar o momento da irrigação, pode-se utilizar medidas de avaliação de água no solo, como o turno de rega, ou considerar os sintomas de deficiência de água nas plantas. Atualmente, a quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada por intermédio da evapotranspiração, ou por meio de tensão de água no solo (VALNIR JÚNIOR, 2007).

As pesquisas com o pinhão manso têm se limitado até hoje a disponibilizar informações básicas de plantio, tais como: espaçamento, adubação convencional, combate a pragas e doenças (ARRUDA *et al.*, 2004), entre outros, necessitando-se de estudos quanto à aplicação de adubos minerais e ao uso de água pela cultura.

Na região semiárida os plantios comerciais são muitas vezes inviáveis sem o uso da tecnologia de irrigação, mas esta tecnologia ainda é pouco utilizada por produtores de pinhão manso devido a sua maior onerosidade e falta de pesquisas que mostrem suas reais necessidades hídricas e viabilidade econômica. Dessa forma, o uso da irrigação pode trazer grandes vantagens, aumentando a produção, mantendo a oferta constante e melhorando o rendimento dos frutos. Principalmente se for utilizado sistema de irrigação como o gotejamentos, tendo em vista que a limitação da disponibilidade de água no semiárido faz-se necessárias práticas de redução do seu uso (LIMA JÚNIOR, 2011).

2.3 Importância da adubação nitrogenada

A adubação bem conduzida possibilita ganhos significativos de produtividade na maioria das plantas cultivadas. É um fator de produção que pode ser manejado com baixo

custo de investimento, porém precisa ser conduzida tecnicamente para evitar uso desnecessário de determinados nutrientes que podem ocasionar gastos desnecessários e em certos casos até reduzir a produtividade.

Em um ensaio realizado por Severino *et al.* (2006b), com mamona (*Ricinus communis* L) para a cultivar BRS Nordestina, demonstrou que com o aumento da dose de fósforo houve a elevação do teor de óleo nas sementes; e o aumento da disponibilidade de nitrogênio e potássio, promoveu um aumento significativo na produtividade, onde de 1072 kg ha⁻¹, passou a produzir 2298 kg ha⁻¹, justificando a necessidade nutricional desta espécie.

Segundo Távora (1982) *apud* Silva (2010), o potencial produtivo do solo está na dependência do equilíbrio de diversos fatores. Esses fatores incluem os minerais básicos à nutrição da planta, a sua disponibilidade no solo, e a absorção e metabolização por parte do vegetal. A adubação bem conduzida possibilita ganhos significativos de produtividade na maioria das plantas cultivadas.

O nitrogênio é necessário para a síntese da clorofila e, como parte da molécula da clorofila, está envolvido na fotossíntese. Falta de nitrogênio e clorofila significa que a planta não irá utilizar a luz do sol como fonte de energia para levar ao efeito funções essenciais como à absorção de nutrientes e a produção de carboidratos para o seu desenvolvimento (POTAFÓS, 1998 *apud* ALBUQUERQUE, 2008).

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 adequado suprimento da maioria das plantas cultivadas no solo (GUIMARÃES, 2008, p.20).

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. A complexidade dos fatores que afetam o aproveitamento de N pelas plantas faz com que o mesmo seja objeto de um grande número de estudos, a maioria realizados com o objetivo de avaliar seu comportamento no solo e a sua relação com a eficiência da adubação. (RAIJI, 1991 *apud* Guimarães, 2008).

A absorção, o transporte e a redistribuição de nutrientes pelos vegetais são processos distintos. O primeiro, diz respeito à passagem do nutriente do meio externo da planta, para o espaço intercelular ou qualquer outra parte da célula. O transporte é o movimento do nutriente no órgão de absorção ou para outro órgão da planta. A redistribuição refere-se ao movimento do nutriente do local onde foi depositado, pelo movimento da água no xilema (ou onde foi depositado pela adubação foliar),

para outros órgãos da planta, processo que se dá pelo floema e se refere a produtos assimilados (GUIMARÃES, 2008, p.23).

A recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e a produção de frutos. Devem ser levadas em consideração a eficiência de aproveitamentos dos adubos aplicados e a fração de nutrientes fornecida pelo solo (LAVIOLA & DIAS, 2008). Estes autores acrescentam que, a composição química tanto quanto o acúmulo de nutrientes em folhas e frutos são informações imprescindíveis para se conhecer as exigências nutricionais de uma planta. Posteriormente, estas informações podem servir como subsídio para se estimar a quantidade dos nutrientes a serem fornecidos às plantas por meio da adubação.

No Brasil, são poucos os estudos envolvendo nutrição mineral do pinhão manso. Sabe-se que esta espécie é pouco exigente a solos férteis. Purcino e Drummound, (1986) *apud* Oliveira (2009), afirmam que o pinhão manso cultivado em áreas de boa fertilidade, onde havia antes um bananal, teve um bom desenvolvimento, atingindo em dois anos uma produtividade de 2000 kg ha⁻¹ de sementes

Segundo Oliveira (2009), as exigências nutricionais do pinhão manso são tidas como mínimas, no entanto, esta observação é feita de forma errônea, pois quando trata-se de produtividade e não de produção, o pinhão produz apenas para a sobrevivência da espécie (ex. das plantas asselvajadas), mas quando trata-se de plantas altamente produtivas o uso de insumos, tais como, os adubos, agem diretamente na fisiologia da planta, devido ao seu estado nutricional atender as exigência para uma maior produção de frutos. Fica evidente que estudos sobre a adubação do pinhão manso são necessários, principalmente quando tende-se em vista seu plantio comercial na Região Nordeste, onde a maioria dos solos são pobres em nutrientes minerais.

Além de uma adubação com nutrientes minerais tem-se necessário um acompanhamento através do estado nutricional da planta por diagnose foliar para se obter informações sobre o aproveitamento da adubação pela planta. O conhecimento da variação dos teores de nutrientes nas folhas permite inferir sobre as exigências metabólicas da planta, fornecendo base para o entendimento dessas variações e suas implicações sobre seu comportamento no ecossistema (MARSCHNER *et al.*, 1996 *apud* BRANDÃO *et al.*, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local do experimento

O trabalho de campo foi desenvolvido no período de setembro de 2008 a fevereiro de 2010, na área experimental da Fazenda Bandeira pertencente a Agroempresa Brasil Ecodiesel, situada no município de Crateús no Estado do Ceará, com as coordenadas geográficas 05° 23' 25''S, 40° 57' 38''O e 717 m de altitude (Figura 5 e 6). O clima da região é o BSw`h`, tropical quente semiárido, com máximo de chuvas no outono (fevereiro a maio). O total anual médio de chuva é de 786,7 mm e as médias anuais da temperatura de 27,1 °C e da umidade relativa do ar de 74% (1971-2000).

Figura 5 – Área experimental da agroempresa Brasil Ecodiesel durante a implantação do sistema de irrigação



Fonte: Carvalho (2008).

Figura 6 – Área experimental da agroempresa Brasil Ecodiesel durante a condução da cultura

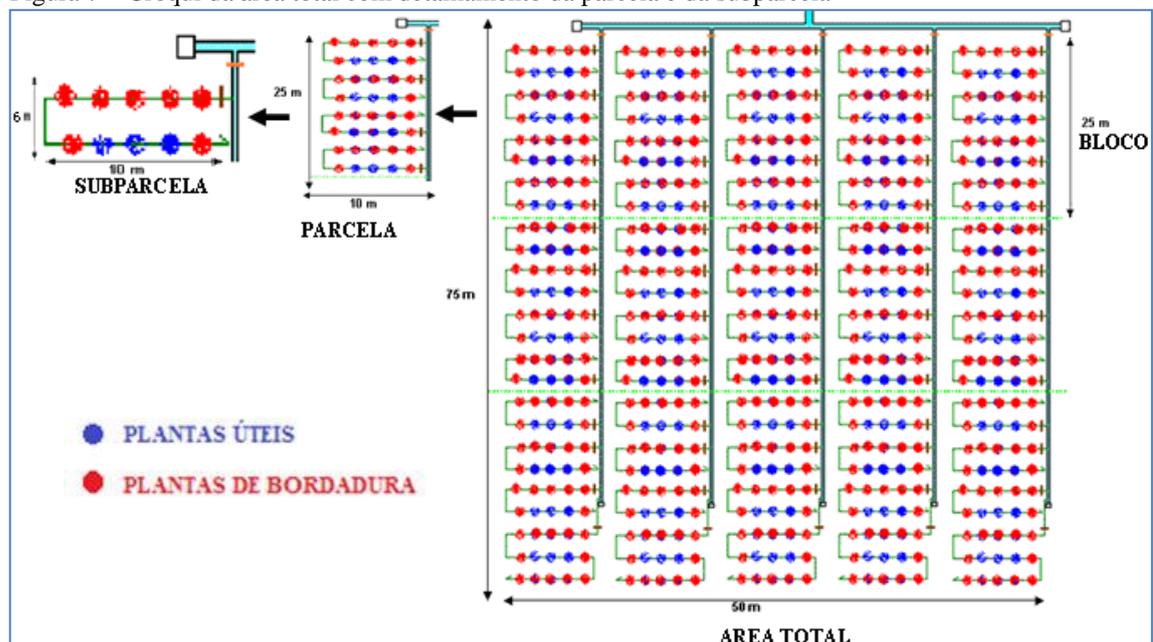


Fonte: Carvalho (2009).

3.2 Área e delineamento experimental

A área total do experimento cultivada com o pinhão manso foi de 3.750 m² (75 m x 50 m), conforme croqui apresentado na Figura 7. As parcelas experimentais mediram 250 m² (25 m x 10 m), compostas de 4 subparcelas de 60 m² (6 m x 10 m), com duas fileiras de plantas espaçadas de 3 m x 2 m, totalizando 10 plantas por fileira.

Figura 7 – Croqui da área total com detalhamento da parcela e da subparcela



Fonte: Carvalho (2008).

Cada bloco tinha uma área de 1.250 m² (25 m x 50 m) resultando em área total de 3.750 m² (75 m x 50 m) e gerando uma densidade de 22.500 plantas por hectare (Figura 8).

Figura 8 – Vista geral do experimento



Fonte: Carvalho (2009).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação de cinco lâminas de irrigação (parcelas) e quatro doses de adubação nitrogenada (subparcelas), totalizando 20 tratamentos com três repetições.

Foram aplicadas cinco lâminas de irrigação, definidas a partir da evaporação medida diariamente no tanque classe “A”, cujos tratamentos foram:

- L₁ = 50% do total evaporado;
- L₂ = 75% do total evaporado;
- L₃ = 100% do total evaporado;
- L₄ = 125% do total evaporado;
- L₅ = 150% do total evaporado.

A adubação foi diferenciada quanto à aplicação de nitrogênio e conforme recomendação do laboratório de Solos e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará após a análise de solo. Os tratamentos utilizados foram de 0%, 50%, 100% e 150% do total recomendado, ou seja:

- N₁ = 0 kg ha⁻¹ de N + 50 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K;
- N₂ = 25 kg ha⁻¹ de N + 50 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K;

- $N_3 = 50 \text{ kg ha}^{-1}$ de N + 50 kg ha^{-1} de P + 50 kg ha^{-1} de K;
- $N_4 = 75 \text{ kg ha}^{-1}$ de N + 50 kg ha^{-1} de P + 50 kg ha^{-1} de K;

Utilizaram-se os adubos: uréia, sulfato de amônia, cloreto de potássio e superfosfato simples como fontes de nitrogênio (N), enxofre (S), fósforo (P) e potássio (K). Estes foram aplicados em duas parcelas: 40% do total de nitrogênio (N) e potássio (K) no início dos tratamentos e os 60% restante aplicados antes da floração da planta. O fósforo (P) foi aplicado em sua totalidade no início da aplicação dos tratamentos.

Na subparcela apenas uma fileira de plantas foi contabilizada como plantas úteis para obtenção de dados, sendo a outra fileira utilizada como bordadura comum entre subparcelas. Na fileira de plantas úteis também foram consideradas as plantas das extremidades como bordadura, ou seja, a primeira e a última planta de cada fileira, sendo assim, das dez plantas somente as três plantas centrais de uma fileira foram contabilizadas como plantas úteis.

3.3 Caracterização do solo e da água da área experimental

Na Tabela 1 estão os parâmetros físico-hídricos determinados para a profundidade de 0,20 m da superfície do solo.

Tabela 1- Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental. Crateús – CE, 2008.

Parâmetro	Unidade	Profundidade (m)
		0,20
Areia Grossa	g kg^{-1}	615
Areia Fina	g kg^{-1}	307
Silte	g kg^{-1}	49
Argila	g kg^{-1}	29
Argila Natural	g kg^{-1}	17
Densidade do Solo	g cm^{-3}	1,54
Densidade das Partículas	g cm^{-3}	2,66
Porosidade total	%	41
Capacidade de Campo*	$\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$	13,24
Ponto de Murcha Permanente*	$\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$	5,27
Água disponível	$\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$	7,97
Classe textural		Areia

* As umidades na capacidade de campo e ponto de murcha permanente foram determinadas pelo método do anel volumétrico nos potenciais de -0,033 MPa e -1,5 MPa, respectivamente.

Já na Tabela 2 tem-se a caracterização química do solo para a camada de 0,00 – 0,20 m de profundidade, a partir de amostras compostas coletadas aleatoriamente na área onde foi implantado o experimento. As análises foram realizadas no laboratório de Solos e Água do

Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará em convênio com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos hídricos – FUNCEME, Fortaleza, CE, conforme metodologias descritas em EMBRAPA (1997).

Os resultados da análise química serviram de base às adubações de fundação e de cobertura ao longo do ciclo da cultura.

Tabela 2. Caracterização química do solo da área experimental. Crateús – CE, 2008.

Parâmetro	Unidade	Camada (m)
		0,00 – 0,20
Matéria Orgânica	g kg ⁻¹	5,17
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	1,40
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	1,40
Cálcio + Magnésio	cmol _c dm ⁻³	2,80
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	1,00
Potássio	mg dm ⁻³	31,00
Fósforo	mg dm ⁻³	5,00
Sódio	mg dm ⁻³	3,00
pH		4,50

A água utilizada para irrigação foi oriunda de um poço profundo localizado ao lado da área experimental e de acordo com a análise de água realizada no laboratório de Solos e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará em convênio com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos hídricos – FUNCEME, Fortaleza, CE, a mesma foi classificada como C₁S₁ sem restrições para o uso na irrigação (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química da água da área experimental. Crateús – CE, 2008.

Parâmetro	Unidade	Quantidade
Cátions		
Cálcio (Ca ²⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,19
Magnésio (Mg ²⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,16
Sódio (Na ⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,17
Potássio (K ⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,10
Somatório	mmol _c L ⁻¹	0,63
Ânions		
Cloreto (Cl ⁻)	mmol _c L ⁻¹	0,42
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mmol _c L ⁻¹	0,01
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mmol _c L ⁻¹	0,20
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	mmol _c L ⁻¹	-
Somatório	mmol _c L ⁻¹	0,63
CE	dS m ⁻¹	0,062
RAS		0,42
pH		6,8
Sólidos dissolvidos	Mg L ⁻¹	62
Classificação		C ₁ S ₁

3.4 Preparo do solo, plantio e condução da cultura

O preparo do solo da área cultivada com o pinhão manso se constituiu de uma aração e de uma gradagem cruzada mecanizada realizada no dia 17 de setembro de 2008. Foram também feitas calagem, aplicando-se a quantidade média de 2 t ha⁻¹ de calcário, e uma adubação de fundação, com 240 g planta⁻¹ de NPK (8-30-20), de acordo com a análise química do solo e as recomendações para o cultivo da cultura adotadas pela Agroempresa Brasil Ecodiesel na Fazenda Bandeira.

O plantio foi realizado no espaçamento de 3 m x 2 m, por meio de transplântio de mudas feitas na própria fazenda (Figura 9). A semeadura foi realizada no dia 25 de setembro de 2008 com sementes previamente tratadas com inseticidas e fungicidas, oriundas da própria Agroempresa, onde as mesmas apresentaram um percentual de germinação de 93,46%. Foram colocadas três sementes em cada saco para a produção de mudas e após trinta dias foram feito o desbaste, deixando-se uma planta por saco. O transplântio das mudas para a área definitiva foi realizado no dia 9 de janeiro de 2009. Posteriormente, foram realizadas capinas mensais ou quando necessárias, para o controle das ervas daninhas.

Figura 9 – Produção de mudas de *Jatropha curcas* L. na Fazenda Bandeira



Fonte: Carvalho (2008).

3.5 Poda de uniformização

Ao término do período chuvoso de 2009, mais precisamente no fim do mês de julho (194 dias após o transplante), foi realizada uma poda de uniformização (Figuras 10 e 11) em todas as plantas, deixando-as com uma altura de 0,3 m, para posteriormente serem iniciados os tratamentos com as lâminas de irrigação e os níveis de adubação nitrogenada.

Figura 10 – Plantas de *Jatropha curcas* L. antes da poda de uniformização



Fonte: Carvalho (2008).

Figura 11 – Plantas de *Jatropha curcas* L. após poda de uniformização



Fonte: Carvalho (2008).

3.6 O manejo da irrigação

Adotou-se o sistema de irrigação localizado com gotejadores da PLASTO®, trabalhando com uma pressão média de 20 kPa e vazão nominal de 8 L h⁻¹, espaçados de 2 m, sendo um emissor para cada planta, a uma distância de 0,10 m do caule.

As lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos foram independentes e controlados por registros de linha, conforme o tempo de irrigação diário quantificado a partir da evaporação medida no tanque Classe “A”, conforme equação 1.

$$T_i = \frac{(f * ECA * El * Ep * Fc)}{(Ei * Qg)} \quad (1)$$

Em que: T_i é o tempo de irrigação, em h; f é um fator de ajuste de 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 ou 1,50 em função do % da evaporação medida no tanque classe “A” (variável em conformidade com os tratamentos utilizados), em %; ECA é a evaporação medida no tanque classe “A”, em mm dia⁻¹; El é o espaçamento entre linhas de plantas, em m (3 m); Ep é o espaçamento entre plantas, em m (2 m); Fc é o fator de cobertura do solo, adimensional, verificado através do sombreamento da planta no espaçamento utilizado pela mesma; Ei , é a eficiência de irrigação, adimensional (valor adotado de 90%, obtido através de avaliações em campo do sistema utilizado, Figura 12); Qg é a vazão do gotejador, em L h⁻¹ (8 L h⁻¹).

Figura 12 – Avaliação em campo do sistema de irrigação.



Fonte: Carvalho (2008).

Para a realização da avaliação em campo do sistema de irrigação localizado por gotejamento utilizado no experimento foram necessários uma proveta graduada de 500 ml, um cronômetro digital e vasilhames plásticos, coletando-se os dados de vazão seguindo a metodologia proposta por Keller & Karmeli, modificada por Denículi *et al.* (1980), em que são avaliadas 4 linhas laterais, ou seja, a primeira linha, as localizadas a 1/3, a 2/3 do início da parcela e a última. Em cada linha foram avaliados 8 gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 do início da mangueira, além do último gotejador, totalizando 32 gotejadores avaliados por setor.

Com a extração dos valores de vazão, foram calculados os valores do coeficiente de uniformidade de distribuição – CUD (Equação 2) para os 32 gotejadores avaliados.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q} \quad (2)$$

Em que: CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, em %; q_{25} é a vazão média dos 25% menores valores de q_i , em $L h^{-1}$.

Os cálculos de CUD foram processados através da planilha eletrônica desenvolvida pelo próprio autor, Figura 13.

Figura 13 – Página inicial da planilha eletrônica desenvolvida pelo autor

DADOS DO SISTEMA									
Canais:	Rieira	2,0	m	Profundidade					
Espacamento:	planta	2,0	m						
Módulo do sistema:		1	litro						
Profundidade da irrigação:		1	litro						
Tempo de teste:		2	minutos						
Nº de gotejadores por planta:		2	gotejadores						
Vazão por planta (operacional):		2	L h ⁻¹						
Profundidade de irrigação:		2,2	Kg/m ²						
Temperatura do solo:			ºC						
Profundidade do sistema radicular:		40	cm						

VALORES COLETADOS (mm)															
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32

VALORES MÉDIOS COLETADOS (L h ⁻¹)			
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32

VALORES OBTIDOS NA AVALIAÇÃO	
Número de emissores avaliados:	32 emissores
Vazão média do sistema:	527 L h ⁻¹
Vazão média dos 25% menores valores:	527 L h ⁻¹
Diferença padrão das vazões avaliadas:	527
Semelhança absoluta da vazão:	2642

VALORES DOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE OBTIDOS	
CUC:	98,98 %
CUD:	98,98 %
CCE:	98,98 %

Fonte: Carvalho (2008).

Adotou-se no cálculo do tempo de irrigação os valores de CUD, pois o mesmo é o mais utilizado para avaliação de sistemas de irrigação localizada, segundo Frizzone & Dourado Neto (2003).

A quantidade de água aplicada foi determinada mediante as leituras diretas da evaporação diária através de um tanque evaporímetro Classe “A”, é oportuno ressaltar que a utilização deste método, embora menos preciso do que os métodos diretos de estimativa da evapotranspiração, como no caso dos lisímetros, justifica-se pela simplicidade de seu uso pelo pequeno produtor e por está disponível à época na área estudada.

Foram instaladas para monitorar indiretamente o teor de umidade do solo, pela tensão em que a água estava retida nas partículas do solo (potencial mátrico), baterias de tensiômetros, tendo cada três tensiômetros na profundidade de 0,2 m para os diferentes níveis de irrigação, totalizando em quinze medidores de tensão, locados a 0,1 m em relação ao caule da planta. As leituras foram feitas diariamente com o auxílio de um tensímetro digital de punção até as 8 horas, antes do início da irrigação.

3.7 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas neste trabalho variáveis relacionadas à fitomassa fresca, a produção do pinhão manso, a eficiência do uso da água e ao estado nutricional da planta por diagnose foliar.

3.7.1 Fitomassa fresca

A caracterização do crescimento do pinhão manso foi realizada utilizando-se o estudo da fitomassa fresca epígea, através do método da análise clássica não destrutiva. A fitomassa fresca foi avaliada mensalmente após a poda de uniformização. Os parâmetros avaliados foram:

- Altura caulinar da planta (AC), em cm, determinada através de medições da altura da planta a cada 30 dias com a utilização de uma trena, desde a superfície do solo até a dominância apical.
- Diâmetro caulinar (DC) em mm, determinado mensalmente com o auxílio de um paquímetro digital, verificando-se o diâmetro aos 5 cm em relação a superfície do solo.
- Taxa de crescimento relativo em altura caulinar (TCRC), em $\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, determinada pela equação 4.

$$TCRC = \frac{(\text{Log}(H_2) - \text{Log}(H_1))}{(T_2 - T_1)} \quad (4)$$

Em que: TCRC é a taxa de crescimento relativo em altura caulinar, em $\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$; H é a altura (em dois períodos distintos), em cm; T é o tempo (em dois tempos distintos), em dias.

- Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCRDC), em $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, determinada pela equação 6.

$$TCRDC = \frac{(\text{Log}(D_2) - \text{Log}(D_1))}{(T_2 - T_1)} \quad (6)$$

Em que: TCRDC é a taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar, em $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$; D é o diâmetro (em dois períodos distintos), em cm; T é o tempo (em dois tempos distintos), em dias.

- Taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea (TCRFFE), em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3} \text{ dia}^{-1}$, determinada pela equação 8.

$$TCRFFE = \frac{(\text{Log}(H_2).D_2^2 - \text{Log}(H_1).D_1^2)}{(T_2 - T_1)} \quad (8)$$

Em que: TCRFFE é a taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea, em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3} \text{ dia}^{-1}$; H é a altura (em dois períodos distintos), em cm; D é o diâmetro (em dois períodos distintos), em cm; T é o tempo (em dois tempos distintos), em dias.

3.7.2 Produção do pinhão manso

Os parâmetros de produção avaliados foram as seguintes:

- Número de frutos (NF), em unidade fruto, foi determinado pela contagem individual dos frutos contidos em todos os cachos colhidos em cada planta.
- Peso médio dos frutos (PMF), em grama, foi quantificado através da relação entre a produção de frutos por planta e o número de frutos.
- Peso médio das sementes (PMS), em grama, foi determinado pela retirada das sementes dos frutos (Figura 14) e pesadas com o auxílio de uma balança de precisão 0,01g. Posteriormente, foi feita a razão entre o peso encontrado das sementes pelo número total de sementes por planta.

Figura 14 – Sementes de pinhão manso



Fonte: Carvalho (2010).

- Peso médio do albúmen (PMA), em grama, foi realizado retirando as cascas das sementes, ficando o albúmen (Figura 15), onde foram pesados com o auxílio de uma balança de precisão 0,01g. Posteriormente, foi feita a razão entre o peso encontrado dos albumens pelo número total de sementes por planta.

Figura 15 – Albúmen da semente de pinhão manso



Fonte: Carvalho (2010).

- Produtividade de frutos (PRODFH), em kg ha^{-1} , determinada pela equação 9.

$$PRODFH = \frac{PRODFP \cdot \left(\frac{10000}{AP} \right)}{1000} \quad (9)$$

Em que: PRODFH é a produtividade de frutos por hectare, em kg ha⁻¹; PRODFP é a produtividade de frutos por planta, em gramas; AP é a área da planta em m².

- Produtividade de sementes (PRODSH), em kg ha⁻¹, determinada pela equação 10.

$$PRODSH = \frac{PRODSP \cdot \left(\frac{10000}{AP} \right)}{1000} \quad (10)$$

Em que: PRODSH é a produtividade de sementes por hectare, em kg ha⁻¹; PRODSP é a produtividade de sementes por planta, em gramas; AP é a área da planta em m².

- Produtividade de albúmen (PRODAH), em kg ha⁻¹, determinado pela equação 11.

$$PRODAH = \frac{PRODAP \cdot \left(\frac{10000}{AP} \right)}{1000} \quad (11)$$

Em que: PRODAH é a produtividade de albumens por hectare, em kg ha⁻¹; PRODAP é a produtividade de albumens por planta, em gramas; AP é a área da planta em m².

- Relação entre peso do albúmen e peso da semente (RPAPS), em %, determinado pela equação 12.

$$RPAPS = \frac{PMA}{PMS} \cdot 100 \quad (12)$$

Em que: RPAPS é a relação entre o peso do albúmen e o peso da semente, em %; PMA é o peso médio do albúmen, em g; PMS é o peso médio da semente, em g.

- Relação entre peso do albúmen e peso do fruto (RPAPF), em %, foi determinada pela equação 13.

$$RPAPF = \frac{(PMA \cdot NSF)}{PF} \cdot 100 \quad (13)$$

Em que: RPAPF é a relação entre o peso do albúmen e o peso do fruto, em %; PMA é o peso médio do albúmen, em g; NSF é o número de sementes por fruto e PF é o peso do fruto, em g.

3.7.3 Eficiência do uso da água

A forma de determinação da eficiência do uso da água utilizou-se o método chamado agrônômico, conforme equações 14, 15 e 16. Esta metodologia é o mais usual em área produtoras, até mesmo pela sua simplicidade de obter valores, porém, avalia a eficiência

do uso da água (EUA) de forma subjetiva, pois não se considera o desenvolvimento do sistema radicular, as características do solo, a eficiência da irrigação, entre outros fatores que podem causar perdas no total de água aplicada. Ainda assim, pela maior aplicação em experimentos de campo e pela facilidade de obtenção de dados, optou-se utilizar por esta metodologia.

- Eficiência do uso da água na produtividade de frutos (EUA_F), em kg m^{-3} , determinada pela equação 14.

$$EUA_F = \frac{PRODFH}{Li} \cdot 10 \quad (14)$$

Em que: EUA_F é a eficiência do uso da água na produtividade de frutos, em kg m^{-3} ; $PRODFH$ é a produtividade de frutos, em kg ha^{-1} ; Li é a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, em mm.

- Eficiência do uso da água na produtividade de sementes (EUA_S), em kg m^{-3} , determinada pela equação 15.

$$EUA_S = \frac{PRODSH}{Li} \cdot 10 \quad (15)$$

Em que: EUA_S é a eficiência do uso da água na produtividade de sementes, em kg m^{-3} ; $PRODSH$ é a produtividade de sementes, em kg ha^{-1} ; Li é a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, em mm.

- Eficiência do uso da água na produtividade de albumens (EUA_A), em kg m^{-3} , determinada pela equação 16.

$$EUA_A = \frac{PRODAH}{Li} \cdot 10 \quad (16)$$

Em que: EUA_A é a eficiência do uso da água na produção total de albúmen, em kg m^{-3} ; $PRODAH$ é a produtividade de albúmen, em kg ha^{-1} ; Li é a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, em mm.

3.7.4 Estado nutricional da planta

O estado nutricional da planta foi determinado através de amostragens foliares realizadas em três diferentes épocas de cultivo: antes da implantação dos tratamentos com adubação nitrogenada (05 de outubro de 2009), após a aplicação da primeira parcela da dose recomendada, 40% do total, sendo antes da aplicação da segunda parcela da adubação nitrogenada (14 de dezembro de 2009) e a após a produção da cultura (19 de abril de 2010).

A amostra constitui-se de três folhas medianas de três plantas por subparcela, totalizando 9 folhas coletadas por amostra/subparcela, com três repetições. As folhas foram armazenadas em sacos de papel e levadas ao laboratório para análise.

Foram analisados os seguintes macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Estas análises foram realizadas pelo laboratório de Solos e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará em convênio com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos hídricos – FUNCEME, Fortaleza, CE.

3.8 Análises estatísticas

Inicialmente as variáveis foram submetidas à análise de variância (Anova). Posteriormente, quando significativas pelo teste F, as variáveis de fitomassa fresca, produção e uso eficiente da água, os efeitos das lâminas de irrigação e dos níveis de adubação nitrogenada foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos.

No caso de efeitos significativos entre a interação de dois ou mais fatores (lâminas de irrigação, níveis de adubação nitrogenada e épocas de coleta, no caso das variáveis de crescimento) foram realizadas as superfícies de resposta.

Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram aos dados foram selecionadas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2).

Os teores nutricionais da planta por diagnose foliar quando significativos pelo teste F, para alguns dos fatores estudados (lâminas de irrigação, níveis de adubação nitrogenada e época de coleta) foram analisados através do teste de média.

Os estudos da análise de variância, análise de regressão e teste de médias foram realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas do Excel e utilizando o software “ASSISTAT 7.5 BETA” (SILVA & AZEVEDO, 2009). Para a confecção dos gráficos e determinação das equações de superfícies de resposta foi utilizado o software “TableCurve3D v.4.0”

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados climáticos

Os dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação e evaporação foram coletados diariamente através de instrumentos instalados no local do experimento, durante todo o período de aplicação dos tratamentos (período pós-poda), e agrupados conforme Tabela 4.

Tabela 4- Descrição das épocas de coleta de dados

Época de coleta	Unidade	Período correspondente
30	DAP*	22 de julho de 2009 a 21 de agosto de 2009
60	DAP*	22 de agosto de 2009 a 21 de setembro de 2009
90	DAP*	22 de setembro de 2009 a 21 de outubro de 2009
120	DAP*	22 de outubro de 2009 a 21 de novembro de 2009
150	DAP*	22 de novembro de 2009 a 21 de dezembro de 2009
180	DAP*	22 de dezembro de 2009 a 21 de janeiro de 2010
210	DAP*	22 de janeiro de 2010 a 21 de fevereiro de 2010

* Dias após poda de uniformização

4.1.1 Temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento

Os valores médios mensais de temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar coletados na área experimental durante o desenvolvimento da pesquisa estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento ($U_{2,0m}$) coletados na área experimental da Fazenda Bandeira, Crateús – CE, 2009/2010.

DAP	T _{méd}	T _{min}	T _{max}	UR	U _{2,0m}
	°C			%	m s ⁻¹
30	22,78	20,50	28,63	80,47	2,97
60	24,34	21,75	30,22	70,24	2,90
90	25,90	23,00	31,82	60,01	2,83
120	25,39	22,86	30,26	62,65	2,58
150	25,70	22,72	30,59	62,70	2,40
180	25,60	23,28	29,81	66,77	1,63
210	25,47	23,61	28,21	77,41	0,93
Média	25,03	22,53	29,93	68,61	2,32

A temperatura média diária do ar durante a aplicação dos tratamentos apresentou uma variação de 22,78°C aos 30 DAP a 25,47°C aos 210 DAP (Tabela 5), com a média do

período de 25,03°C. O maior valor da temperatura média registrado no local do experimento ocorreu aos 90 DAP com 25,90°C e o valor mínimo aos 30 DAP com 22,78°C, tendo desta forma uma variação da temperatura média durante a aplicação dos tratamentos de 3,12°C. Os baixos valores de temperatura decorrem da elevada altitude local (717,0 m). Por isso, segundo Cargnelutti Filho *et al.* (2006), o estudo da disponibilidade térmica do ambiente à cultura é de suma importância, devendo ser realizado com a temperatura em suas diversas modalidades (médias, máximas e mínimas).

Entretanto, estes valores estão dentro do limite de desenvolvimento da cultura, pois segundo Alves *et al.* (2008), o pinhão manso é adaptável a uma ampla faixa climática com temperaturas médias entre 18 e 28,5°C. Já Oliveira (2009) acrescenta que a cultura prefere áreas com temperaturas bem acima de 20°C. Comentário semelhante fizeram Dalchiavon *et al.* (2008).

Quanto à umidade relativa média diária do ar, observou-se na área da condução do experimento uma variabilidade ao longo do período experimental de 80,47% aos 30 DAP a 77,41% aos 210 DAP obtendo uma variação de 3,06% durante todo o decorrer do experimento (Tabela 5), com um valor médio no período de 68,61%. Os valores máximos e mínimos da umidade relativa do ar foram registrados aos 30 e 90 DAP com 80,47% e 60,01%, respectivamente. O comportamento da umidade relativa diária do ar durante a pesquisa apresentou uma relação inversa ao comportamento da temperatura do ar.

Do ponto de vista fisiológico, a umidade relativa do ar também não se mostrou restritiva ao desenvolvimento do pinhão do manso. Em oposição ao registrado, valores reduzidos de umidade relativa do ar propiciam elevação nas taxas de evapotranspiração com conseqüente aumento do consumo de água, que sob condições de baixa umidade do solo implicam em baixa atividade fotossintética e de produção de carboidratos. Já valores elevados de umidade relativa propiciam aumento na ocorrência de doenças vegetais. Observações condizentes fizeram Dalchiavon *et al.* (2008).

Do mesmo modo, Lacher (2000) afirma que os fatores externos influenciam a transpiração na medida em que alteram a diferença de pressão de vapor entre a superfície da planta e o ar que a envolve. Portanto, a transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar.

O valor médio da velocidade média dos ventos durante a aplicação dos tratamentos foi de 2,32 m.s⁻¹. No que se refere à velocidade média diária do vento foi observado o menor valor aos 210 DAP, 0,93 m.s⁻¹, e o maior valor aos 30 DAP, 2,97 m.s⁻¹ (Tabela 5). Os valores da velocidade média diária do vento obtidos na área de condução do

experimento estiveram dentro da faixa ideal de cultivo, valores elevados afetam negativamente a produtividade do pinhão manso devido a queda de botões florais e a redução de polinização (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2009).

4.1.2 Precipitação e evaporação

A Tabela 6 apresenta a precipitação no período da condução do experimento com a aplicação dos tratamentos, distribuída ao longo dos meses.

Tabela 6 – Distribuição mensal da precipitação ocorrida na Fazenda Bandeira. Crateús - CE. 2009/2010

Meses	Ano	
	2009*	2010*
Janeiro	-	142,00
Fevereiro	-	0,00
Março	-	-
Abril	-	-
Maiο	-	-
Junho	-	-
Julho	73,00	-
Agosto	0,00	-
Setembro	0,00	-
Outubro	10,00	-
Novembro	0,00	-
Dezembro	55,00	-
Total	138,00	142,00

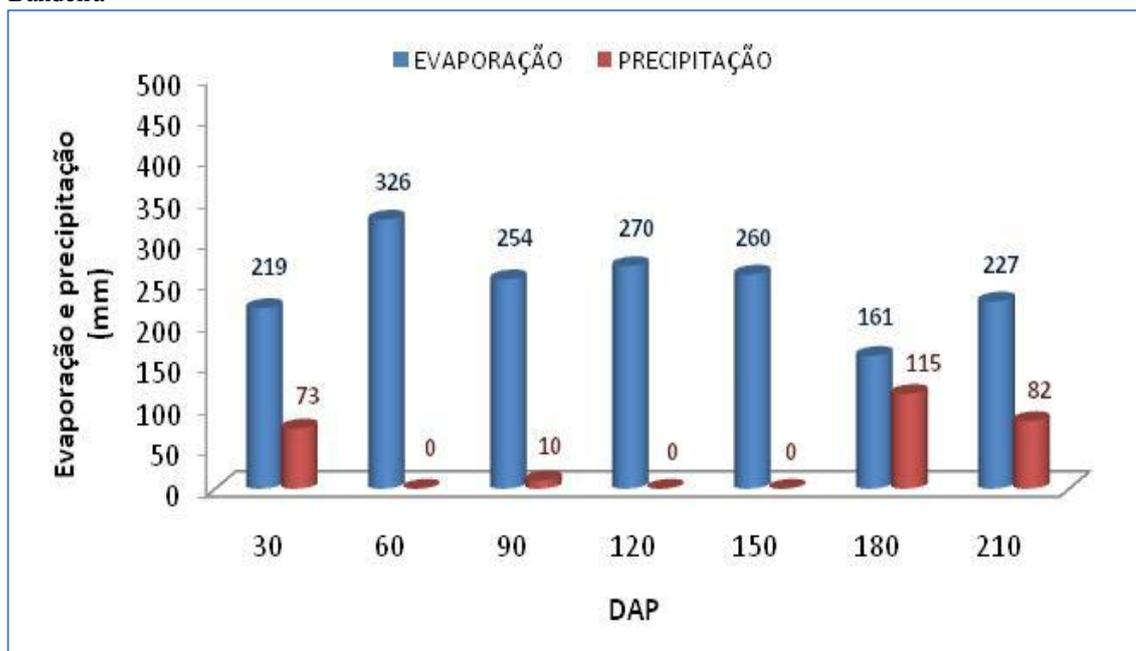
* Anos da condução do experimento

Fonte: Fazenda Bandeira, Crateús, Ce

Ressalta-se ainda que da data do transplante das mudas para a área definitiva (09 de janeiro de 2009) até a poda de uniformização e início dos tratamentos (22 de julho de 2009) registraram-se uma precipitação total de 1.237 mm. Após a poda de uniformização, até a data final de aplicação dos tratamentos, 210 DAP (21 de fevereiro de 2010), foram registrados 280 mm na área do experimento. No que se refere à evaporação, foi registrado o total evaporado de 1.717,65 mm durante toda a condução do experimento.

No Gráfico 1 são apresentados os valores da precipitação e da evaporação do ar durante a aplicação dos tratamentos distribuídos nas sete épocas de coletas de dados de (22 de julho de 2009 a 21 de fevereiro de 2010).

Gráfico 1 – Precipitação e evaporação do ar ocorrido durante a aplicação dos tratamentos na Fazenda Bandeira



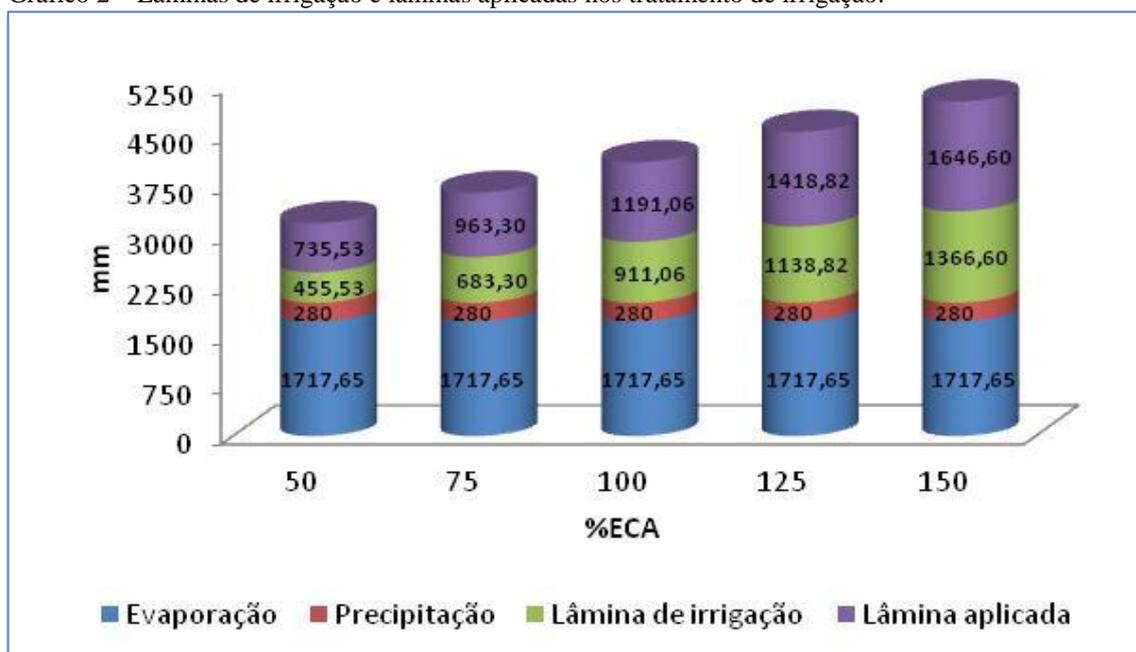
Fonte: Carvalho (2010).

Observa-se ainda que em todo o período pós-poda, quando da aplicação dos tratamentos, ocorreu grande diferença entre a evaporação e as precipitações locais o que caracteriza uma grande deficiência hídrica no solo. O cultivo de pinhão manso nestas condições implica em baixa atividade fisiológica, e conseqüentemente, em reduzida produtividade. O uso da irrigação permite corrigir esta deficiência, desde que manejada de forma adequada. Abordagem semelhante fizeram Reichardt e Timm (2004) e Lacerda *et al.* (2009).

4.2 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação teve por base dados da evaporação (Ev) diária medidos a partir de um tanque Classe “A” instalado na área experimental cujas lâminas de irrigação foram equivalentes a 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da evaporação medida no tanque classe A (ECA), o que resultou ao longo do ciclo (210 DAP) nos totais de lâminas de 455,53; 583,30; 911,06; 1.138,82 e 1.366,60 mm, respectivamente (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Lâminas de irrigação e lâminas aplicadas nos tratamento de irrigação.



Fonte: Carvalho (2010).

Conforme os tratamentos, as diferentes lâminas de irrigação tiveram tendência semelhante e amplitudes literalmente equidistantes no decorrer do período, com valores máximos aos 210 e mínimos aos 30 DAP, com uma variação máxima de 300% (L_5 sobre L_1).

Os valores do fator de cobertura utilizados no cálculo da lâmina de irrigação, no período pós-poda, encontram-se na Tabela 7. Como se pode observar os valores utilizados não atingiram a sua plenitude (1,0); isto ocorreu devido ao fato da cultura no período estudado não ter tido uma área sombreada correspondente a 100% da disponibilizada. O motivo para o acontecido pode ser explicado por se tratar de uma planta perene cujo auge produtivo só ocorre a partir do terceiro ciclo.

Tabela 7 - Fatores de cobertura utilizados nas diferentes épocas de coleta de dados na área experimental da Fazenda Bandeira, Crateús – CE, 2009/2010

Época de coleta*	Fc
30	0,33
60	0,33
90	0,33
120	0,50
150	0,50
180	0,75
210	0,75

* Dias após poda de uniformização

Para se obter o valor total da lâmina aplicada em cada tratamento foram adicionados os valores da precipitação em cada período, o que resultou para os tratamentos de

irrigação L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅ nas lâminas aplicadas de 735,53; 963,30; 1.191,03; 1.418,82 e 1.646,60 mm, respectivamente (Figura 11). Vale salientar que a precipitação efetiva utilizada correspondeu a 100% da chuva ocorrida no local do experimento.

4.2.1 Potencial mátrico

Os valores da tensão de água no solo obtidos através dos tensiômetros instalados em todos os tratamentos com lâminas de irrigação referentes ao período de aplicação dos tratamentos (01 a 210 dias após a poda, DAP) foram coletados e analisados estatisticamente (Tabela 8).

Tabela 8 – Resumo da ANOVA da tensão de água no solo (potencial mátrico) em função das lâminas de irrigação e das épocas de coleta

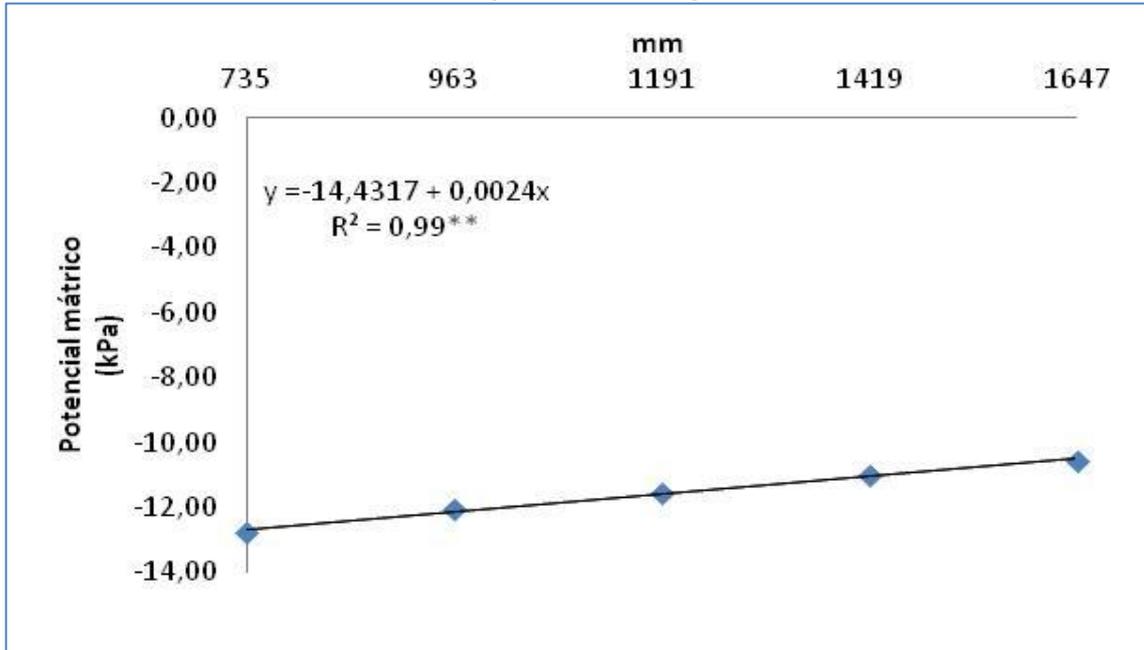
Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		Tensão (kPa)
Lâmina de irrigação (L)	4	15,64927 ^{**}
R. linear	1	8,87808 ^{**}
R. quadrática	1	0,05075 ^{ns}
R. cúbica	1	0,01045 ^{ns}
Época de coleta (E)	6	153,14148 ^{**}
R. linear	1	179,22964 ^{**}
R. quadrática	1	0,00966 ^{ns}
R. cúbica	1	3,20889 ^{**}
Interação L x E	24	0,67967 ^{**}
Resíduo (L)	8	0,16430
Resíduo (E)	240	0,11299
CV (L)	(%)	3,50
CV (E)	(%)	2,90

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

Com base na análise de variância apresentados na Tabela 8, observa-se que houve efeito altamente significativo das lâminas aplicadas (L) e da época de coleta dos dados (E), bem como, efeito significativo da interação (L x E), ao nível de 1% de probabilidade. Os coeficientes de variação para os fatores foram considerados adequados para a variável em análise, o que caracteriza uma boa precisão experimental.

O melhor modelo de ajuste para o potencial mátrico em função das lâminas de irrigação foi a regressão linear, conforme a equação do Gráfico 3, apresentando tendência crescente com o incremento das lâminas baseadas na ECA, com valores de -12,77 kPa no tratamento de menor lâmina aplicada (L₁ = 735,53 mm) e -10,56 kPa na maior lâmina aplicada (L₅ = 1.646,61 mm), representando um acréscimo de 17,31%.

Gráfico 3 – Potencial mátrico do solo em função da lâmina de água

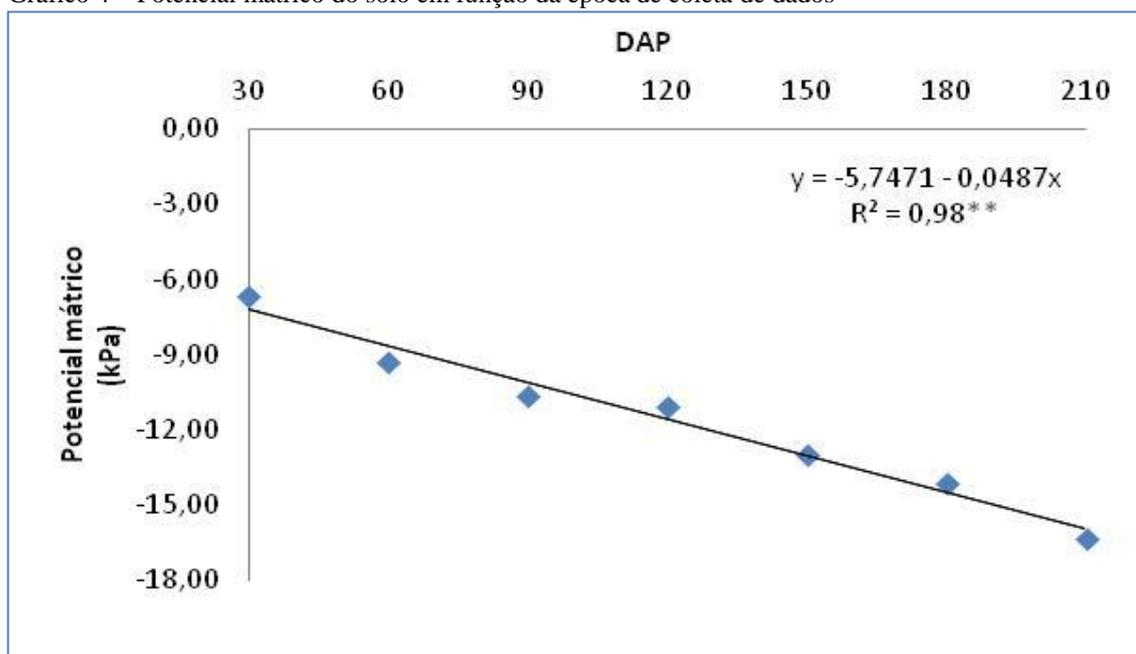


Fonte: Carvalho (2010).

O aumento do potencial hídrico nos tratamentos com maior aplicação de água decorre da maior disponibilização da mesma entre as partículas do solo. Por conseguinte, a interação água partícula do solo reduz-se facilitando a absorção da mesma pelo sistema radicular. Por outro lado, nos tratamentos com menor aplicação de água, ocorre uma maior agregação água solo reduzindo o potencial energético da água e dificultando a absorção pela planta. Nestas condições, há redução na produção de fotoassimilados e de produção de tecidos, e conseqüentemente, de crescimento e de produção da planta. Redução de produtividade no pinhão manso sob menores potenciais hídricos também foi observada por Drumond *et al.* (2007).

No fator época de coleta para o potencial mátrico também houve um comportamento linear, onde a os valores da tensão em que a água estava retida nas partículas do solo partiram de -6,65 kPa aos 30 DAP para -16,31 kPa ao final do experimento, aos 210 DAP, representando uma redução de 145,26% (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Potencial mátrico do solo em função da época de coleta de dados



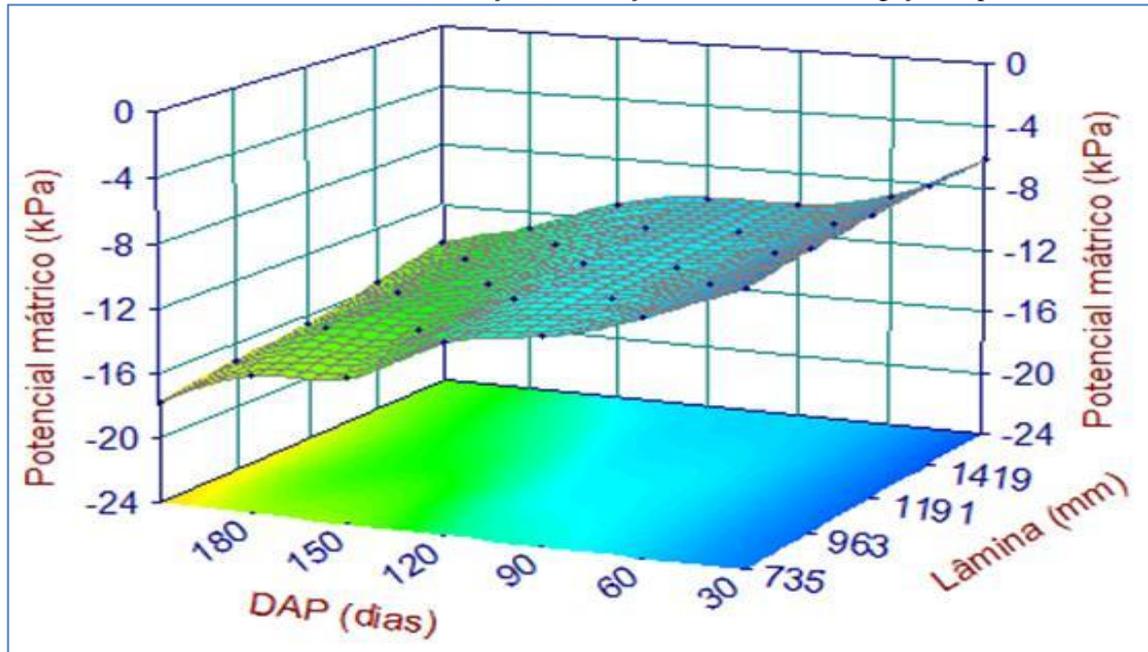
Fonte: Carvalho (2010).

O potencial mátrico durante as diferentes épocas de coletas de dados foi influenciado, principalmente, pelo desenvolvimento das plantas. Como os tratamentos representavam % da ECA, e como não se utilizou o K_c pela sua indisponibilidade e para que a técnica fosse mais facilmente assimilável pelos produtores, o maior uso de água pela planta nas fases de florescimento e de frutificação ocasionou uma redução na média dos valores do potencial hídrico. Em conformidade, Lacher (2000) afirma que a necessidade de consumo de água é aproximadamente proporcional à quantidade de fitomassa, no entanto a intensidade de transpiração de uma folha diminui com o aumento da densidade da cobertura vegetal, sobretudo devido à atenuação da radiação e do vento e ao aumento da umidade do ar.

Pode-se também observar nos gráficos 3 e 4, que a tensão média de água no solo (potencial mátrico) não ultrapassou -19,2 kPa em nenhum período de condução do experimento e em nenhuma das lâminas aplicadas, representando assim uma umidade do solo suficiente para o desenvolvimento da cultura, em todas as condições.

No que se refere à interação entre os fatores lâmina e época de coleta (L x E) houve uma tendência praticamente linear, onde o potencial mátrico partiu de um valor médio de -6,15 kPa com a lâmina aplicada de 1.646,61 mm aos 30 DAP para -17,78 kPa com a lâmina de 735,53 mm aos 210 DAP, obtendo assim uma redução de 189,11%, Gráfico 5.

Gráfico 5 – Potencial mátrico do solo em função da interação entre lâmina de irrigação e época de coleta.



Fonte: Carvalho (2010).

Aos 30 DAP, os tratamentos encontravam-se em fase inicial e com valores mais elevados. Em consequência, a diferenciação entre os tratamentos foi menor. Com o passar do tempo e com o aumento do consumo de água os valores foram se reduzindo, sendo esta redução maior nos tratamentos com menor aplicação de água e na última época de coleta de dados. Tal fato é explicável devido neste tratamento ter ocorrido a maior deficiência hídrica, deficiência esta que foi se aprofundando ao longo do tempo com o aumento da necessidade hídrica da cultura.

Utilizando-se o software TableCurve 3D 4.0 foram geradas 546 equações para a superfície de resposta do potencial mátrico para os fatores lâminas aplicadas versus épocas de coleta. Entre as equações geradas foi selecionada a melhor equação polinomial de segundo grau tendo como base o valor do coeficiente de determinação (R^2) e a significância dos parâmetros componentes da equação:

$$z = -8,589161^{**} + 0,002386\text{lâmina aplicada}^{**} - 0,048688\text{DAP}^{**} \quad \dots(17)$$

Em que: z é potencial mátrico, em kPa; x é a lâmina aplicada, em mm; y é a época de coleta de dados (DAP), em dias; (**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

O coeficiente de determinação encontrado para a equação acima foi igual a 0,96** indicando um alto grau de associação entre a interação das lâminas aplicadas com as épocas de coleta no potencial mátrico do solo.

4.3 Fitomassa fresca

4.3.1 Altura e diâmetro caulinar

Os dados da altura e do diâmetro caulinar referentes ao período de aplicação do experimento (210 DAP) foram coletados e analisados estatisticamente (Tabela 9).

Tabela 9 – Resumo da ANOVA para a altura caulinar (AC) e diâmetro caulinar (DC) em função das lâminas de irrigação, das doses de nitrogênio e das épocas de coleta. Crateús – CE. 2009/2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		AC (cm)	DC (mm)
Lâmina de irrigação (L)	4	4.927,51637**	345,54300 ^{ns}
R. linear	1	1.309,82629**	-
R. quadrática	1	282,74420**	-
R. cúbica	1	3,3644 ^{ns}	-
Níveis de nitrogênio (N)	3	708,78849 ^{ns}	74,39226 ^{ns}
Época de coleta (E)	6	53.341,91961**	5.596,40320**
R. linear	1	24.806,37961**	2.692,91629**
R. quadrática	1	761,48615**	7,28907**
R. cúbica	1	463,66145**	11,26081**
Interação L x N	12	467,26638 ^{ns}	99,93542 ^{ns}
Interação L x E	24	229,21624**	6,55890 ^{ns}
Interação N x E	18	62,40787 ^{ns}	3,12184 ^{ns}
Interação L x N x E	72	30,40814 ^{ns}	5,08727 ^{ns}
Bloco	2	2.507,12318 ^{ns}	131,57147 ^{ns}
Resíduo (L)	8	684,70888	190,25860
Resíduo (N)	30	540,42983	91,02201
Resíduo (E)	240	42,12881	5,67032
CV (L)	(%)	32,95	20,76
CV (N)	(%)	29,27	14,36
CV (E)	(%)	8,17	3,58

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

4.3.1.1 Altura caulinar

Com base nos resultados obtidos na análise de variância apresentados na Tabela 9, observa-se que, houve efeito altamente significativo das lâminas aplicadas (L) e da época de

coleta dos dados (E), bem como, da interação destes dois fatores (L x E), ao nível de 1% de probabilidade. Não havendo efeito significativo para os demais fatores de variação.

Do mesmo modo, Faria (2011) constatou que o tratamento irrigado influenciou a altura das plantas de pinhão manso em todos os períodos analisados e que os tratamentos de adubação não influenciaram essa característica da planta. Bezerra *et al.* (1992) *apud* Albuquerque (2008) utilizando as doses de 0, 50, 100 e 150 kg. ha⁻¹ de nitrogênio e quatro níveis de água no solo (25, 50 e 75% da água disponível do solo consumida pelas plantas de algodão herbáceo e irrigação com base nos sintomas de murcha) não encontraram interação entre o nitrogênio e o manejo de irrigação, nem efeito do nitrogênio sobre a altura de plantas. Já Guimarães (2008) concluiu que as plantas do pinhão manso foram beneficiadas pela adubação, em especial com a NPK-mineral, proporcionando um incremento na altura de 96,14% quando comparados com a testemunha, sem o uso de fertilizantes.

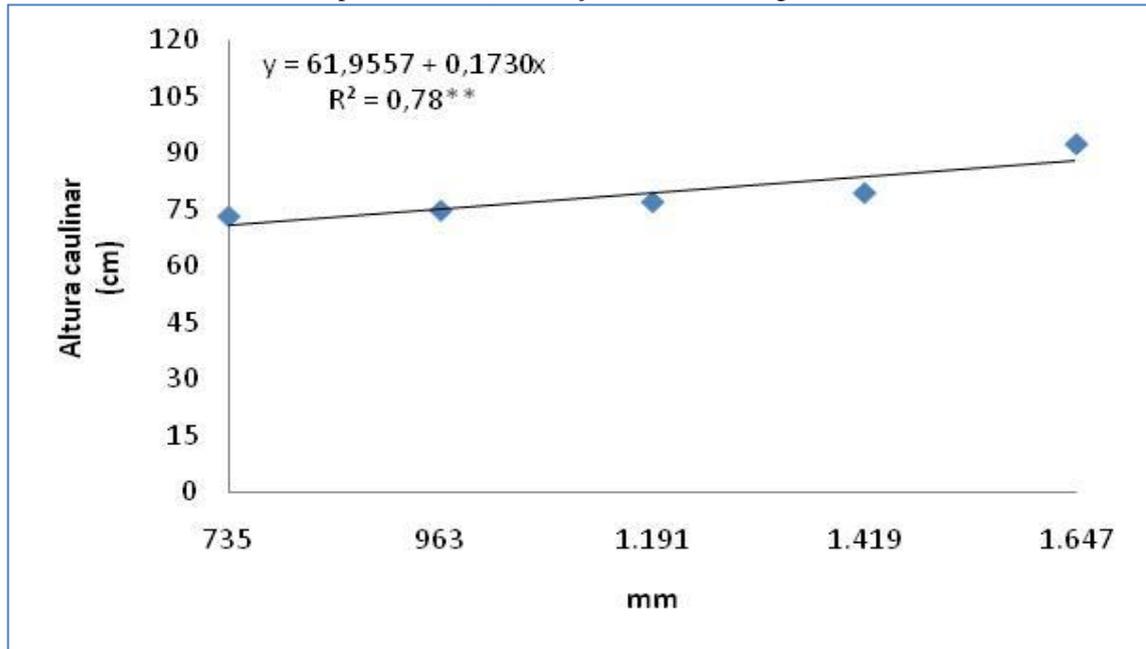
A aplicação das lâminas (lâmina de irrigação + precipitação) de 735,53; 963,30; 1.191,07; 1.418,84 e 1.646,61 mm proporcionaram valores médios da altura caulinar de 73,16; 74,64; 76,68; 79,39 e 92,40 cm, respectivamente.

Já a coleta de dados em diferentes épocas de 30; 60; 90; 120; 150; 180 e 210 DAP apresentaram valores médios da altura caulinar de 42,73; 55,03; 66,61; 74,04; 85,68; 100,17 e 130,52 cm, respectivamente.

De acordo com Hunt (1982) *apud* Oliveira (2009), a escolha de uma equação ou modelo para representar o comportamento biológico das plantas deve considerar os padrões fisiológicos e estatísticos, sem obsessões a detalhes de ordem racional, técnica estatística ou de procedimento experimental, assim o comportamento das curvas de regressão foi ajustado segundo modelos lineares e polinomiais, sendo este último, justificado não somente pelo aumento do coeficiente de determinação, mas principalmente pelo comportamento mais realístico do ponto de vista biológico.

O melhor modelo de ajuste para a altura caulinar foi a regressão linear, conforme a equação do Gráfico 6, apresentando tendência crescente com o incremento das lâminas baseadas na evaporação do tanque Classe “A” (ECA). Tendência semelhante foi obtida por Silva *et al.* (2009a) estudando o efeito do estresse hídrico na cultura do pinhão manso, por Albuquerque *et al.* (2009) avaliando o crescimento do pinhão manso submetido a diferentes níveis de água, ambos em vasos; e por Lima Júnior (2011) estudando o efeito da suspensão hídrica no desenvolvimento do pinhão manso em Crateús-CE.

Gráfico 6 – Altura caulinar do pinhão manso, em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

Observa-se que houve um aumento na altura caulinar de 73,16 cm no tratamento de menor lâmina aplicada ($L_1 = 735,53$ mm) até 92,42 cm na maior lâmina aplicada ($L_5 = 1.646,61$ mm), representando um incremento de 26,33%. Tal fato deve-se as condições de deficiência hídrica moderada imposta nos tratamentos com menores lâminas.

Segundo Lacher (2000), a deficiência hídrica resulta em uma diminuição do volume celular, um aumento na concentração e uma progressiva desidratação do protoplasto. Não há processo vital que não seja afetado de alguma forma pelo declínio do potencial hídrico. A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e, associada a esse evento, a diminuição do processo de crescimento (particularmente o crescimento em extensão), o metabolismo das proteínas e dos aminoácidos é logo limitado.

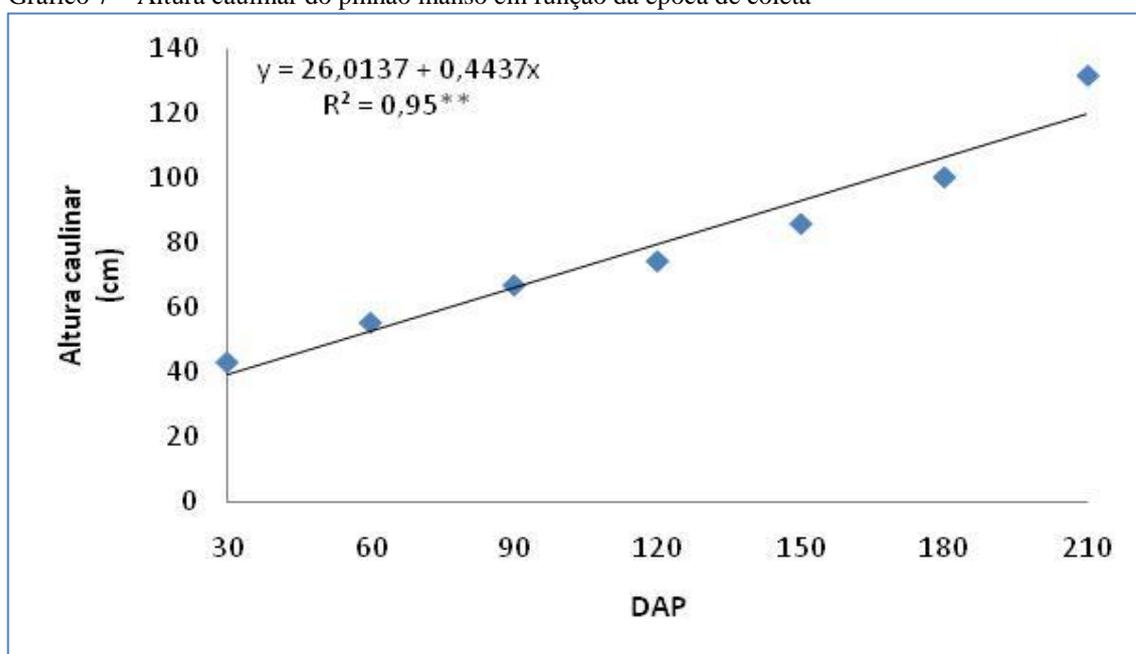
Silva *et al.* (2009a) concluíram em seu experimento em vasos que o estresse hídrico afetou a altura caulinar do pinhão manso nos cinco períodos estudados (144, 186, 228, 270 e 312 dias após o transplante), ocorrendo decréscimo significativo ao nível de 1% de probabilidade. Já Albuquerque *et al.* (2009) acrescentam que o pinhão manso é exigente em água e que pode não crescer bem em condições de déficit hídrico.

Souza *et al.* (1999), com o objetivo de avaliar o efeito dos níveis de água disponível no solo (AD) e de nitrogênio, sobre algumas características do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA-7H, verificaram que o nível de 25% da AD causou efeito depressivo sobre o diâmetro de caule, altura de plantas e área foliar.

Ressalta-se que o crescimento vigoroso da cultura não é conveniente, pois segundo Laviola & Dias (2008), pode ocorrer queda da produtividade, em razão da demanda de nutrientes pelas partes vegetativas e auto-sombreamento, e ainda dificultar a execução dos tratos culturais e fitossanitários, e a operação de colheita. Os mesmos autores comentam ainda que a altura média das plantas quando adultas não deve ultrapassar dois metros.

Como esperado, para o fator época de coleta para a altura caulinar também houve um comportamento linear, onde a planta partiu de uma altura média de 42,73 cm aos 30 DAP para 130,52 cm ao final do experimento, aos 210 DAP, representando um incremento de 205,45% (Gráfico 7).

Gráfico 7 – Altura caulinar do pinhão manso em função da época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

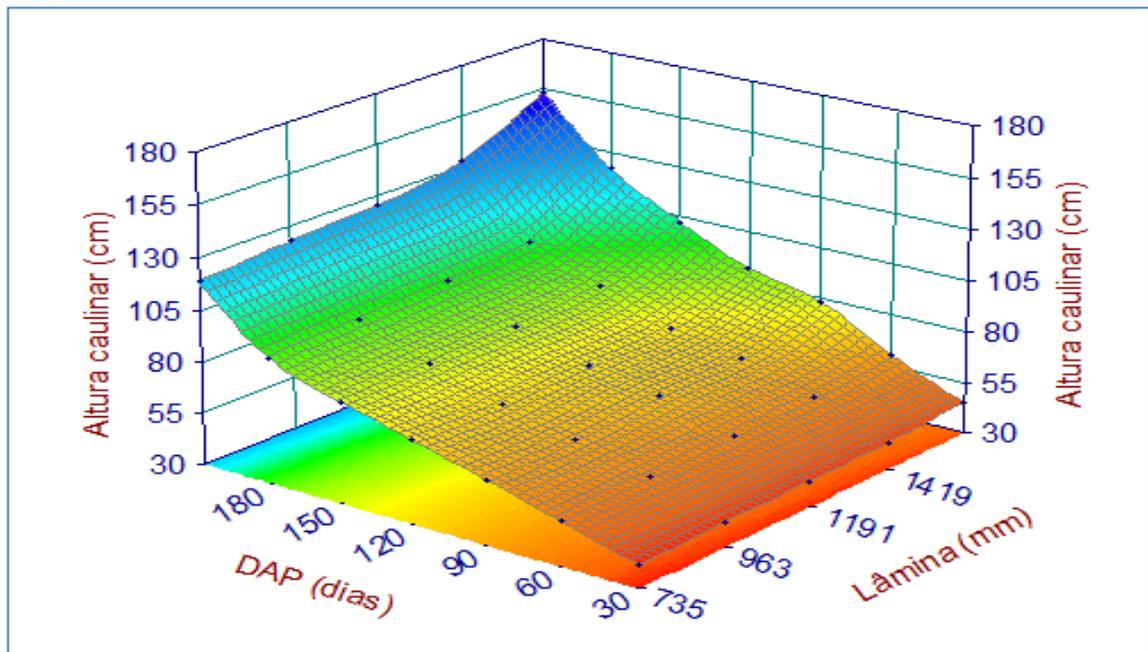
Segundo Arruda *et al.* (2004), o pinhão manso apresenta crescimento rápido, atingindo altura de dois a três metros quando adultos e podendo alcançar até cinco metros em condições especiais. Ratre (2004) encontrou valores de 83 a 110 cm de altura com plantas de 14 meses de idade em estudo de crescimento de pinhão manso realizado na Tailândia. Já Santos (2008), estudando a fenologia e capacidade fotossintética do pinhão manso em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas, encontrou uma altura média de 30 e 147 cm para plantas de pinhão manso com seis e vinte e um meses de idade, respectivamente. Tais considerações corroboram com os resultados obtidos nesta pesquisa.

No que se refere à interação entre os fatores lâmina e época de coleta (L x E) houve uma tendência praticamente linear, onde a planta partiu de uma altura média de 40,92

cm com a lâmina aplicada de 735,53 mm aos 30 DAP para 153,10 cm com a lâmina de 1.646,61 mm aos 210 DAP, obtendo assim um incremento de 274,15%.

A variação da altura caulinar da planta com a aplicação das lâminas de irrigação nas diferentes épocas de coleta de dados pode ser melhor visualizada utilizando a metodologia da superfície de resposta (Gráfico 8).

Gráfico 8 – Altura caulinar do pinhão manso, em função da interação entre lâmina de água e época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

Os valores elevaram-se desde os 30 DAP no tratamento com a menor aplicação de água até os 210 DAP no tratamento com a maior aplicação de água. Tal tendência reforça os comentários de Santos (2008), Arruda *et al.* (2004) e Ratre (2004) acerca do rápido desenvolvimento do pinhão manso e da problemática do déficit hídrico.

Resultado concordante com Laime *et al.* (2009) onde afirmam que o crescimento das plantas de pinhão manso evolui de acordo com as épocas de avaliação e com o incremento dos níveis de reposição de água.

Foram geradas 566 equações para a superfície de resposta da altura caulinar para os fatores lâminas aplicadas versus épocas de coleta. Entre elas foi selecionada a melhor equação polinomial de segundo grau tendo como base o valor do coeficiente de determinação (R^2) e a significância dos parâmetros componentes da equação:

$$z = 96,3260^{**} - \frac{119.065,524^{**}}{\text{lâmina aplicada}} + 0,2372DAP^* + \frac{0,00000602^{**}}{\text{lâmina aplicada}^2} + 0,00150DAP^{2**} - \frac{167,569^{**}DAP}{\text{lâmina aplicada}} \dots(17)$$

Em que: z é a altura caulinar, em cm; x é a lâmina aplicada, em mm; y é a época de coleta de dados (DAP), em dias; (**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

A equação acima apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,97** indicando um alto grau de associação entre a interação das lâminas aplicadas com as épocas de coleta na altura caulinar das plantas de pinhão manso.

Utilizando esta equação, o valor mínimo para altura caulinar é encontrado aplicando uma lâmina de 971 mm aos 30 DAP, obtendo uma altura de 40,88 cm, e o valor máximo para altura caulinar aplicando uma lâmina de 1.647 mm aos 210 DAP, obtendo uma altura de 140,64 cm.

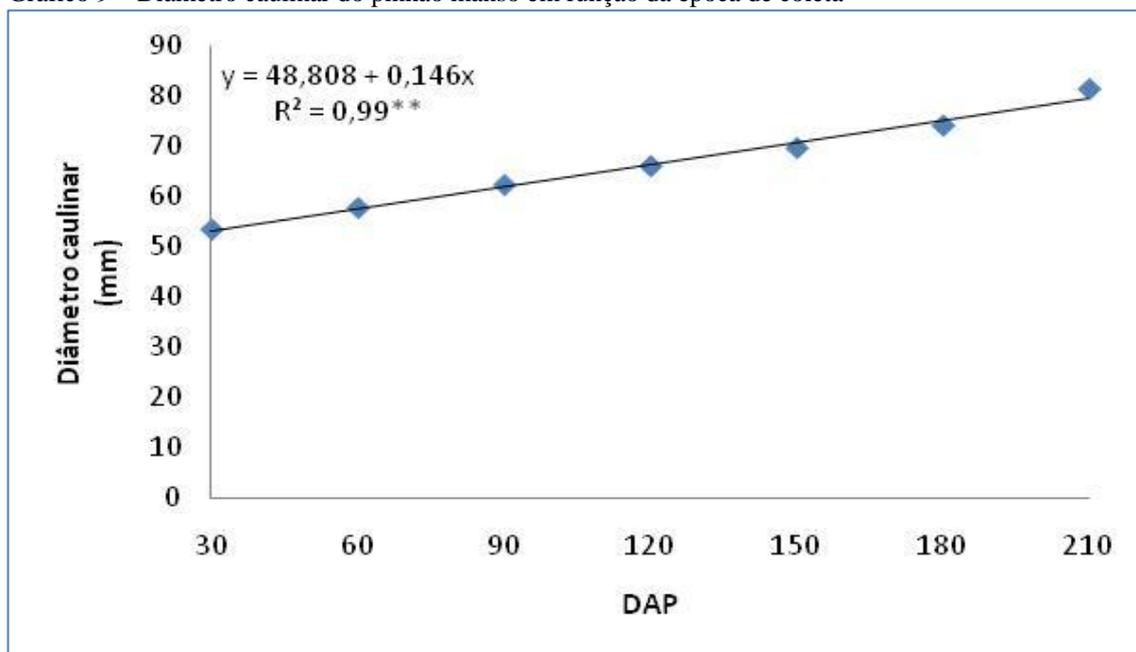
Assim, avaliando-se a conformação da superfície de resposta, constatou-se um aumento progressivo do parâmetro altura caulinar do pinhão manso (Gráfico 8) em função do aumento da lâmina aplicada e da época de coleta.

4.3.1.2 Diâmetro caulinar

Conforme o resumo da análise de variância, apresentado na Tabela 9, ocorreu efeito, ao nível de 1% de probabilidade, no diâmetro caulinar apenas na época de coleta (E), sendo que para os demais fatores, lâmina aplicada (L) e adubação nitrogenada (N), bem como nas interações L x E, N x E e L x N x E, não se verificou influência sobre o diâmetro caulinar do pinhão manso. Os coeficientes de variação para os três fatores foram considerados adequados para a variável em análise, o que caracteriza uma boa precisão experimental.

Segundo o modelo de regressão obtido no fator época de coleta houve um comportamento idêntico ao acontecido com a variável altura caulinar, ou seja, houve um comportamento linear, onde o diâmetro caulinar médio da planta aumentou de 53,42 mm aos 30 DAP para 81,49 mm ao final do experimento, aos 210 DAP, representando um incremento de 65,55% (Gráfico 9).

Gráfico 9 – Diâmetro caulinar do pinhão manso em função da época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

Nas diferentes épocas de coletas de dados, 30; 60; 90; 120; 150; 180 e 210 DAP os valores dos diâmetros médios foi de 53,42; 57,75; 62,35; 66,10; 69,73; 74,19 e 81,49 mm, respectivamente. Segundo Lacher (2000), plantas jovens e outras plantas em estágio de desenvolvimento anterior à fase reprodutiva, crescem rapidamente tanto em extensão como em diâmetro.

Silva *et al.* (2009a) encontraram comportamento linear no aumento do diâmetro caulinar do pinhão manso em diferentes épocas de cultivo submetido a tratamentos com estresse hídrico. Resultado semelhante também foi encontrado por Albuquerque *et al.* (2009) avaliando o crescimento do pinhão manso em função do tempo, quando submetido em níveis de água e adubação nitrogenada em vasos e por Lima Júnior (2011) avaliando o efeito da suspensão hídrica no desenvolvimento do pinhão manso em Crateús-CE.

Arruda *et al.* (2004) e Oliveira (2009) afirmam que o pinhão manso apresenta um crescimento rápido ao longo do tempo, em condições especiais, podendo atingir 20 cm no seu diâmetro caulinar. Santos (2008), estudando a fenologia e capacidade fotossintética do pinhão manso em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas, encontrou um diâmetro caulinar médio de 23 e 80 mm para plantas de pinhão manso com seis e vinte e um meses de idade.

O diâmetro caulinar apresentou uma tendência de crescimento linear, sendo explicável pelo fato de que analisou-se a cultura no período pós-poda, nas fases de crescimento e de 1ª produção, onde a planta necessitava de aumento de acúmulos de

carboidratos para o seu crescimento e a sua produção. Por consequência, nestas condições, há um aumento de área foliar, com conseqüente elevação da taxa fotossintética e da produção de fotoassimilados. Como ocorre uma expansão da estrutura da planta, há necessidade de um deslocamento de parte dos assimilados para a produção de tecidos caulinares, acarretando a sua expansão.

4.3.2 Análise de crescimento não destrutiva

A análise de crescimento de plantas é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo; com isso, torna-se possível avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos (BENINCASA, 2003).

Para isso, com base nas medidas dos valores primários, altura e diâmetro caulinar, em cada intervalo de tempo estimaram-se as características de crescimento. Os dados referentes à ANOVA das taxas de crescimento são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resumo da ANOVA para a taxa de crescimento relativo caulinar (TCR), taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCRDC) e taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea (TCRFFE). Crateús – CE. 2009/2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		TCR (cm cm dia ⁻¹)	TCRDC (mm mm dia ⁻¹)	TCRFFE (cm ³ cm ³ dia ⁻¹)
Lâmina de irrigação (L)	4	0,0000036*	0,0000039 ^{ns}	0,05604 ^{ns}
R. linear	1	0,0000096*	-	-
R. quadrática	1	0,0000013 ^{ns}	-	-
R. cúbica	1	0,0000002 ^{ns}	-	-
Níveis de nitrogênio (N)	3	0,0000004 ^{ns}	0,0000005 ^{ns}	0,02455 ^{ns}
Época de coleta (E)	6	0,0000920**	0,0000234**	2,73212**
R. linear	1	0,000008**	0,0000013 ^{ns}	0,76171**
R. quadrática	1	0,000036**	0,0000073**	0,42083**
R. cúbica	1	0,0000005 ^{ns}	0,0000027*	0,17038**
Interação L x N	12	0,0000004 ^{ns}	0,0000020 ^{ns}	0,04309 ^{ns}
Interação L x E	24	0,0000016**	0,0000056**	0,04427 ^{ns}
Interação N x E	18	0,0000009 ^{ns}	0,0000018 ^{ns}	0,03180 ^{ns}
Interação L x N x E	72	0,0000003*	0,0000019 ^{ns}	0,03286 ^{ns}
Bloco	2	0,0000012 ^{ns}	0,0000068*	0,17293 ^{ns}
Resíduo (L)	8	0,0000006	0,0000014	0,07142
Resíduo (N)	30	0,0000005	0,0000024	0,04460
Resíduo (E)	240	0,0000006	0,0000025	0,03682
CV (L)	(%)	24,64	35,58	54,32
CV (N)	(%)	22,85	47,00	42,93
CV (E)	(%)	24,76	47,77	39,00

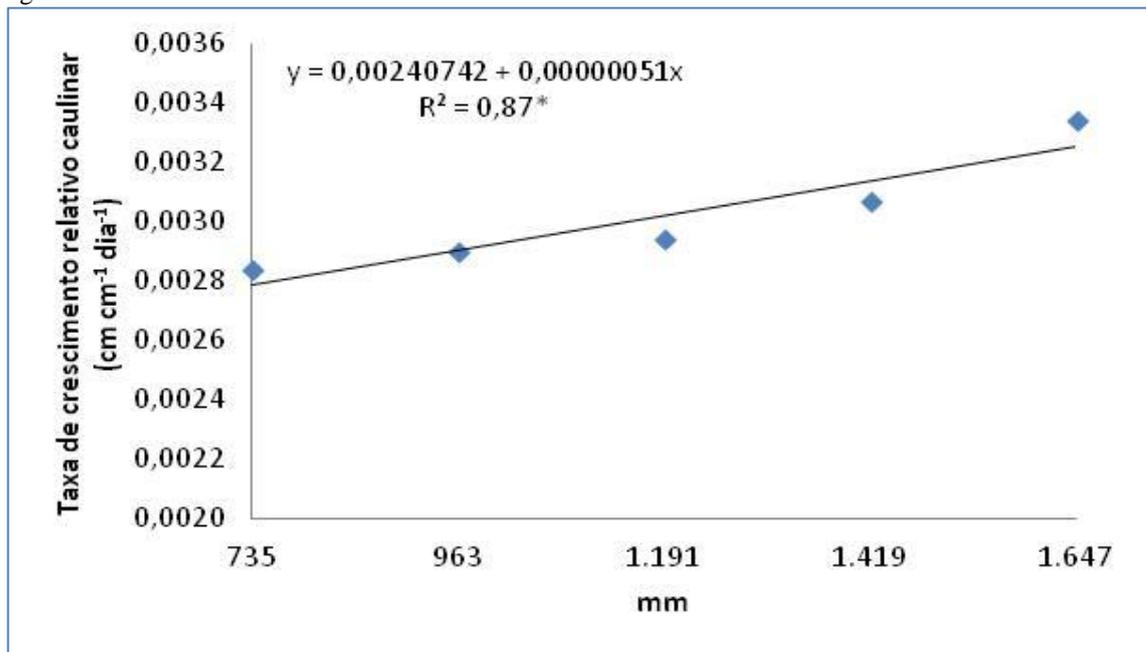
(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.3.2.1 Taxa de crescimento relativo em altura caulinar

O resultado da análise de variância contido na Tabela 10 demonstra significância estatística em níveis de 1 e 5% de probabilidade, para as variável taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso. Isso mostra a resposta da cultura não só às lâminas aplicadas, mas, também às diferentes épocas de coletas, bem como a interação entre ambos.

Quanto à análise de regressão da taxa de crescimento relativo caulinar em relação à lâmina aplicada, verificou-se que o modelo linear foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,87 (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

A mesma tendência, linear e crescente, da taxa de crescimento relativo em altura caulinar foi encontrada por Lacerda *et al.* (2009) estudando a influência do déficit hídrico e da matéria orgânica do solo no crescimento e no desenvolvimento da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu. Os mesmos autores ainda concluíram que as plantas cujos tratamentos foram submetidos aos maiores conteúdos de água do solo, apresentaram-se mais eficientes com relação a sua capacidade fotossintética.

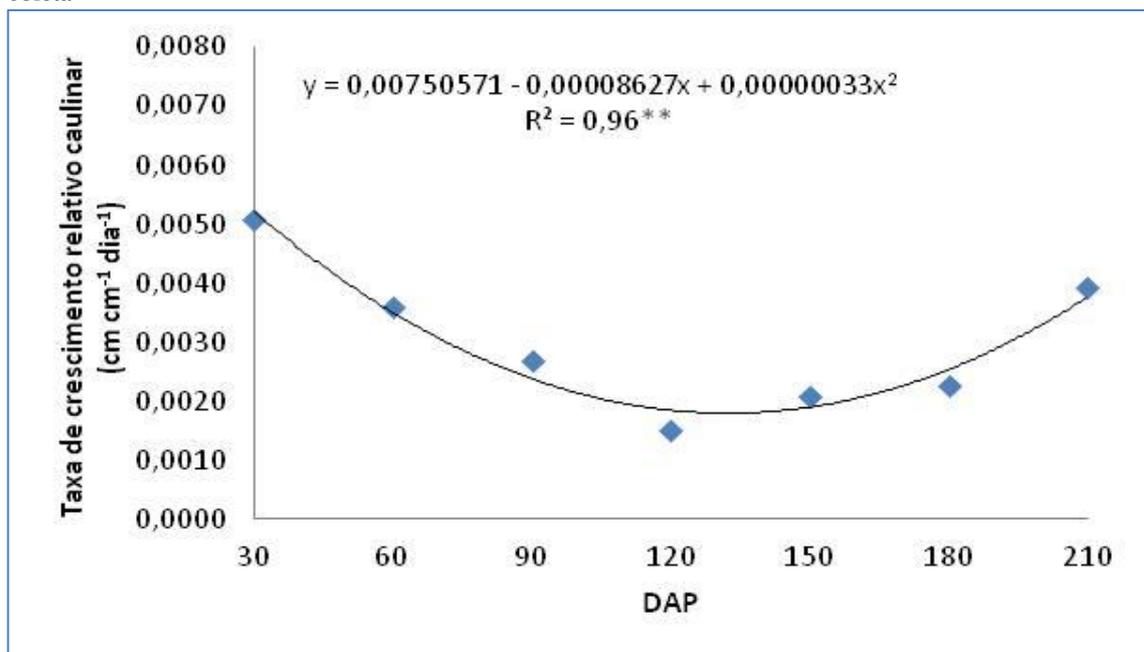
Comparando à taxa de crescimento relativo caulinar das plantas do tratamento onde foi aplicada a maior lâmina, 1.647 mm, durante o período em estudo, com a taxa das

plantas que receberam a menor lâmina, 735 mm, ocorreu um aumento de 17,59%, evidenciando-se respostas significativas para as lâminas de água aplicadas.

Tal tendência pode ser explicada pelo fato que mesmo um estresse hídrico moderado é suficiente para desencadear a síntese de ácido abscísico (ABA), a partir dos carotenóides na raiz. Esse ácido é em seguida transportado como um “sinal da raiz” para diferentes partes da planta, onde induz uma variedade de efeitos, dentre eles o possível retardamento do crescimento e do desenvolvimento das plantas (LACHER, 2000).

Na análise de regressão da taxa de crescimento relativo em altura caulinar em relação à época de coleta, verificou-se que o modelo polinomial de 2º grau foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,96 (Gráfico 11). Essa regressão mostra que a taxa de crescimento diminuiu até os 120 DAP alcançando o valor mínimo aos 131 DAP com $0,0019 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, e depois retomou a tendência crescente dos valores.

Gráfico 11 – Taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso em função da época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

A época em que se obtiveram os maiores valores da taxa de crescimento relativo caulinar do pinhão foi aos 30 DAP, quando ocorreu a primeira coleta de dados após a poda de uniformização. Tal crescimento acentuado pode ser explicado pelo início da aplicação dos tratamentos com lâminas de irrigação, bem como do surgimento de folhagem para a realização do processo fotossintético, visto que durante a poda todas as plantas foram

uniformizadas ao tamanho de 30 cm de altura, onde não apresentava folhas, somente o caule da planta (Figura 11).

Durante o período do experimento ocorreram períodos em que os valores da taxa de crescimento relativo caulinar das plantas de pinhão manso foram baixos, quando as plantas estavam com 120 DAP (referente dos 91 aos 120 DAP) e aos 150 DAP (121 aos 150 DAP). Provavelmente, o declínio na taxa de crescimento relativo em altura caulinar nos períodos mencionados pode ser devido ao fato de que nos mesmos ocorreu a floração e o início da frutificação da cultura. Larcher (2000) afirma que paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados para a floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas para a formação e enchimentos dos frutos.

Chaves *et al.* (2009), em pesquisa com pinhão manso, também verificaram que a taxa de crescimento em altura das plantas reduziu linearmente nesse período. Dalchiavon (2005) *apud* Lima Júnior (2011), avaliando as características agronômicas no desenvolvimento inicial do pinhão manso, constatou também que ao se aproximar o estágio reprodutivo, as taxas de crescimento decaíram progressivamente, tendo em vista que as plantas passam a direcionar os fotoassimilados para os órgãos reprodutivos.

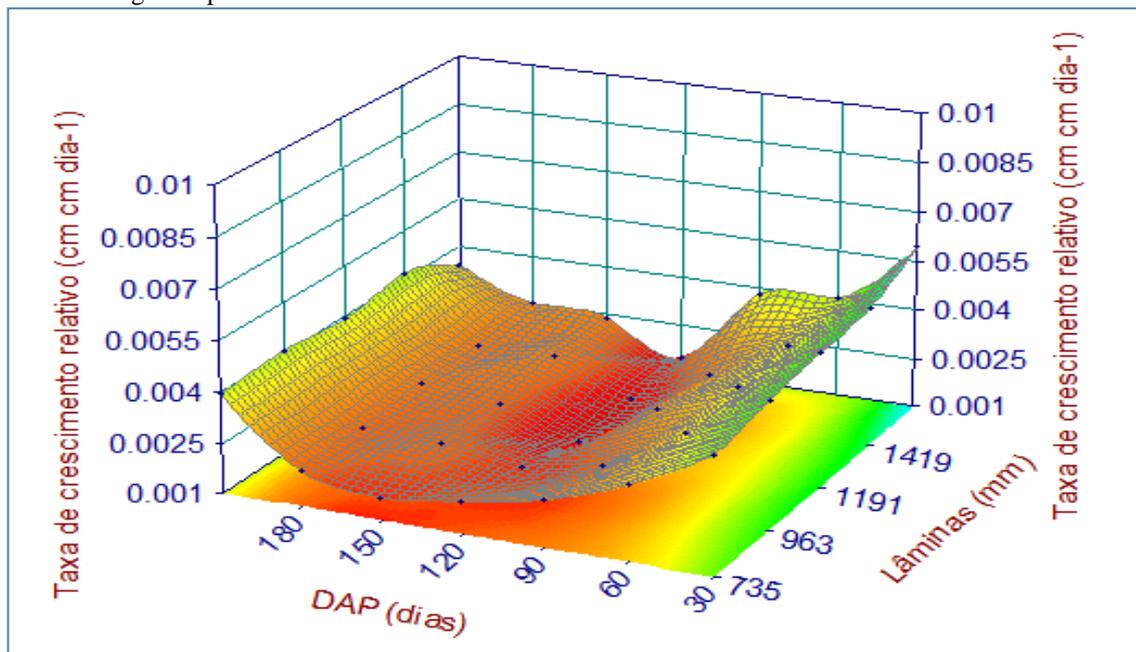
Barros Júnior *et al.* (2010), avaliando duas cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) submetidas a diferentes níveis de umidade no solo, observaram um crescimento linear até os 80 dias após a semeadura, principalmente para as plantas cultivadas a 100% de água disponível, com redução significativa para o período seguinte, aos 140 dias após a semeadura.

No que se refere à interação entre os fatores lâmina e época de coleta (L x E) houve um comportamento polinomial, onde a planta partiu de uma taxa de crescimento relativo elevada aos 30 DAP em todas as lâminas estudadas para uma grande depressão aos 120 DAP também em todas as lâminas estudadas, Figura 26.

A maior taxa de crescimento relativo caulinar do pinhão manso foi de 0,0059 cm cm dia⁻¹ com a lâmina aplicada de 1.646,61 mm aos 30 DAP e a menor taxa de crescimento relativo do pinhão manso foi de 0,0012 cm cm dia⁻¹ com a lâmina de 1.191,07 mm aos 120 DAP.

A variação da taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso com a aplicação das lâminas de água nas diferentes épocas de coleta de dados pode ser melhor visualizada utilizando a metodologia da superfície de resposta (Gráfico 12).

Gráfico 12 – Taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso em função da interação da lâmina de água e época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

Tal variação dos valores da taxa de crescimento relativo em altura caulinar justifica-se segundo Lacher (2000), porque no curso de seu desenvolvimento, as plantas se ajustam à periodicidade sazonal da radiação, duração do dia, temperatura e precipitação (quanto ao início e à quantidade). Portanto, o processo de transição de fase representa um ajuste no ciclo de vida da planta a períodos favoráveis e desfavoráveis do crescimento, bem como, a alternância do principal crescimento vegetativo, com a formação das flores e dos frutos, é típico para as plantas perenes de latitudes elevadas e intermediárias e para regiões secas, embora esse processo possa ocorrer também nos trópicos. Comentário semelhante também fizeram Pedroni *et al.* (2002), Saturnino *et al.* (2005) e Bianchini *et al.* (2006).

O outro aspecto é a questão da umidade do solo. A interação menor lâmina aplicada com a ocorrência das fases de floração e de frutificação proporcionaram os menores valores da taxa de crescimento relativo em altura caulinar. Isto é explicável devido ao fato de que com a menor lâmina, provavelmente, há menor produção de fotoassimilados. Ao passo que nas fases de floração e de frutificação, os fotoassimilados são preferencialmente direcionados para as flores e frutos, respectivamente. Conseqüentemente, com menor produção e menor direcionamento, nestas condições, ocorreram às menores taxas de crescimento caulinar.

Foram geradas 401 equações para a superfície de resposta da taxa de crescimento relativo em altura caulinar do pinhão manso, para os fatores lâminas aplicadas versus épocas

de coleta. Entre as equações geradas foi selecionada a melhor equação polinomial de segundo grau tendo como base o valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,90^{**}$) e a significância dos parâmetros componentes da equação 18:

$$z = 0,0068743762^{**} - 0,0000861880DAP^{**} + 0,00000032463DAP^2^{**} + 0,0000005385lâmina\ aplicada^* \quad (18)$$

Em que: z é a taxa de crescimento relativo caulinar, em $cm\ cm\ dia^{-1}$; x é a época de coleta de dados (DAP), em dias; y é a lâmina aplicada, em mm; (**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

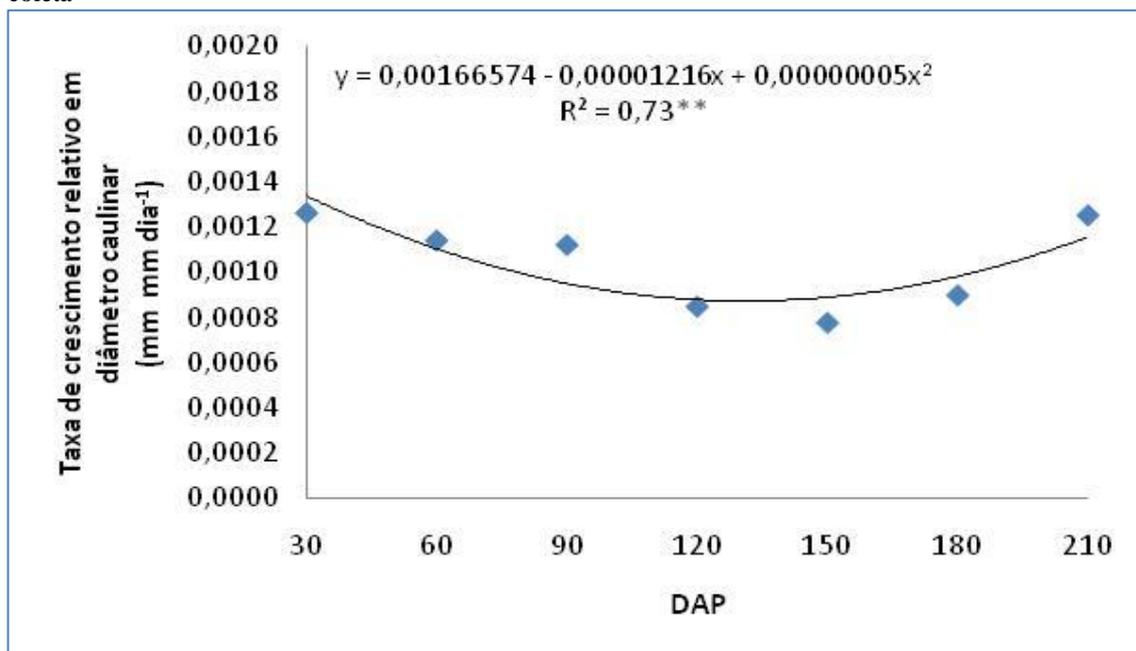
Utilizando a equação 18, encontrou-se o valor mínimo da taxa de crescimento relativo caulinar aplicando uma lâmina de 735 mm aos 133 DAP, obtendo assim $0,0016\ cm\ cm\ dia^{-1}$, e o valor máximo aplicando uma lâmina de 1.647 mm aos 30 DAP, obtendo uma taxa de crescimento relativo caulinar de $0,0055\ cm\ cm\ dia^{-1}$.

4.3.2.2 Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar

O resultado da análise de variância contido na Tabela 10 demonstra significância estatística em níveis de 1% de probabilidade, para a variável taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão manso para o fator época de coleta e não significativo para os fatores lâmina de irrigação e adubação nitrogenada.

Quanto à análise de regressão da taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar em relação à época de coleta, verificou-se que o modelo polinomial de 2º grau foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficientes de determinação de 0,73 (Gráfico 13).

Gráfico 13 – Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão manso, em função da época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

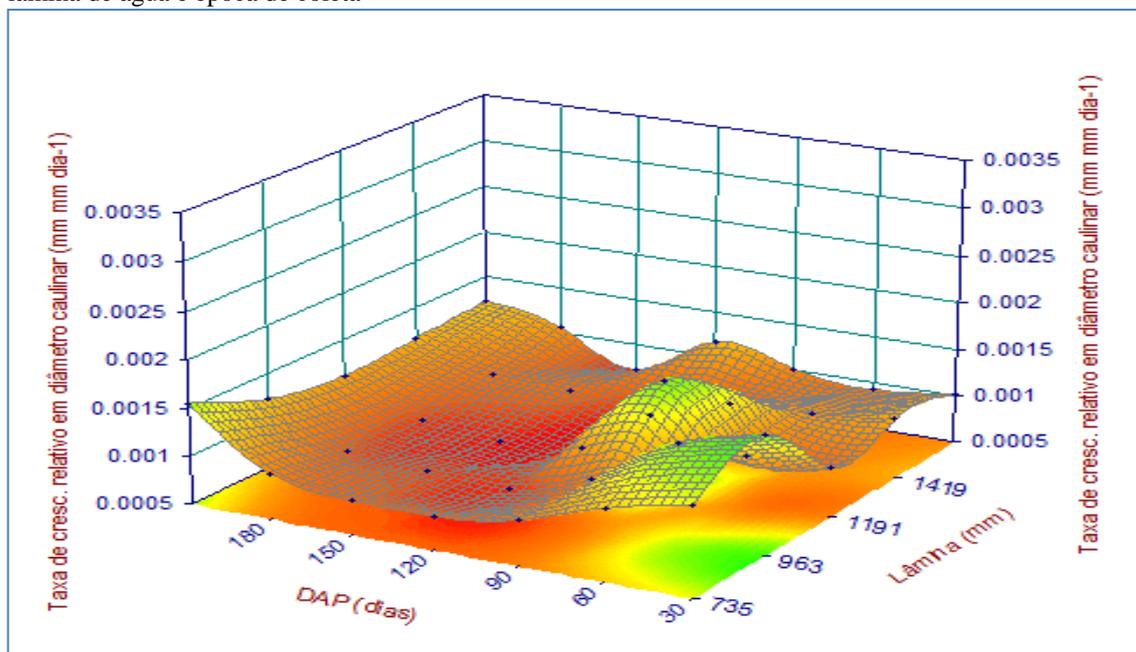
A época em que ocorreu os maiores valores da taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão foi aos 30 DAP (referente dos 01 aos 30 DAP), com 0,00126 mm mm dia⁻¹, quando ocorreu a primeira coleta de dados após a poda de uniformização e aos 210 DAP (181 aos 210 DAP), com 0,00125 mm mm dia⁻¹, quando foi realizada a última coleta de dados após a colheita do pinhão manso.

O maior valor durante os primeiros 30 dias pós-poda pode ser explicado pelo fato de que logo após a poda e com o início da aplicação das lâminas de irrigação e de adubação nitrogenada as plantas de pinhão manso necessitaram “ganhar” volume em altura e em diâmetro para aumentar a área foliar e as taxas fotossintéticas. Com o aumento das taxas fotossintéticas, em termos absolutos, uma maior quantidade de fotoassimilados foi disponibilizada para o crescimento caulinar. Abordagem similar sobre o crescimento inicial das plantas foi realizada por Lacher (2000).

No que se refere ao elevado valor da taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão manso encontrado aos 210 DAP, última coleta de dados do experimento, pode ser explicado pela retomada do crescimento vegetativo decorrente do fim da fase reprodutiva da planta, onde a mesma deixou de canalizar energia, nutrientes e assimilados para formação e enchimentos de frutos, retomando o seu crescimento.

A variação da taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão manso com a aplicação das lâminas de água nas diferentes épocas de coleta de dados pode ser melhor visualizado utilizando a metodologia da superfície de resposta (Gráfico 14).

Gráfico 14 – Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão manso em função da interação lâmina de água e época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

No que se refere à interação entre os fatores lâmina e época de coleta (L x E) as menores taxas de crescimento relativo em diâmetro caulinar foram encontradas praticamente para todas as lâminas durante as épocas 120 e 150 DAP, obtendo valores compreendidos entre 0,0007 e 0,0008 mm mm dia⁻¹. Isto é explicável devido ao fato de que nas fases de floração e frutificação, os fotoassimilados são preferencialmente direcionados para as flores e frutos, respectivamente, em detrimento do crescimento caulinar.

A equação selecionada para taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar para os fatores lâminas aplicada versus época de coleta foi:

$$z = 0,0025791983^{**} - 0,0000148713DAP^{**} - 0,0000011608lâmina\ aplicada^{ns} + 0,000000046433356DAP^{2**} + 0,00000000030807538lâmina\ aplicada^{ns} + 0,0000000022823515DAP.lâmina\ aplicada^{ns} \quad \dots(21)$$

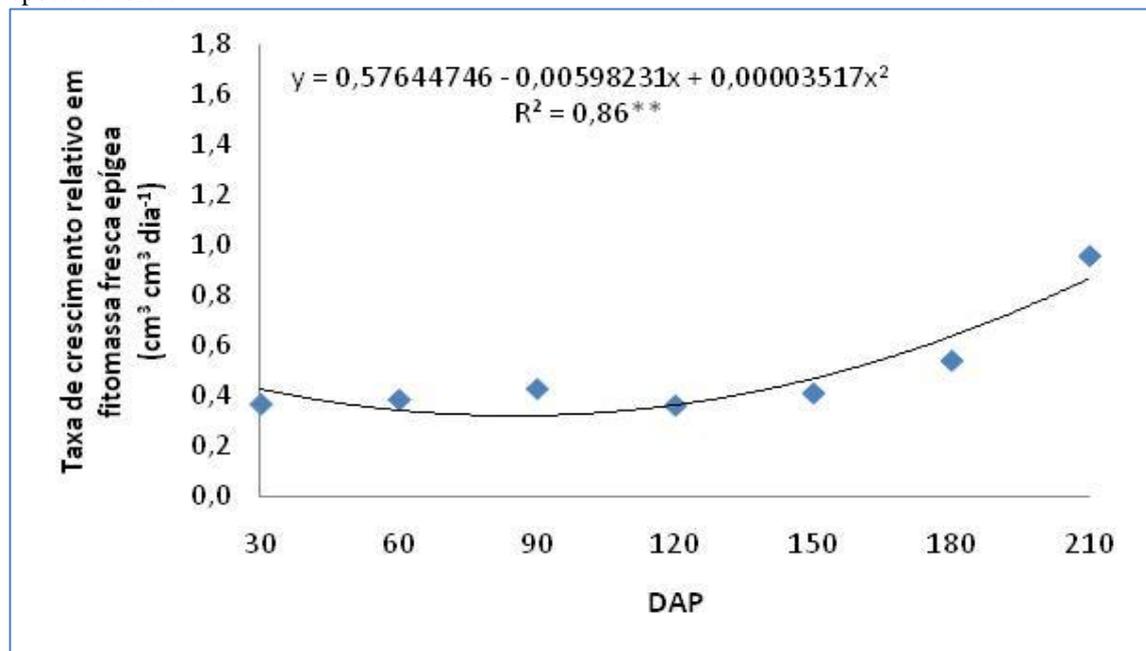
Em que: z é a taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar, em mm mm dia⁻¹; x é a época de coleta de dados (DAP), em dias; y é a lâmina aplicada, em mm; (**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.3.2.3 Taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea

Com base nos resultados obtidos da ANOVA apresentados na Tabela 10, observa-se que, houve efeito altamente significativo da época de coleta dos dados (E) para a taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea ao nível de 1% de probabilidade.

Na análise de regressão da taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea do pinhão manso em relação à época de coleta, em dias após a poda de uniformização, verificou-se que o modelo polinomial de 2º grau foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,86 (Gráfico 15).

Gráfico 15 – Taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea do pinhão manso, em função da época de coleta



Fonte: Carvalho (2010).

Durante o período do experimento a taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea do pinhão manso se mantiveram praticamente constante nos períodos de 30, 60, 90, 120 e 150 DAP, onde as taxas alcançadas foram de 0,37, 0,38, 0,43, 0,36 e 0,41 cm³ cm³ dia⁻¹, respectivamente. A partir de 180 DAP a TCRFFE começou a se diferenciar em forma crescente (0,54 cm³ cm³ dia⁻¹) representando para este período um acréscimo de 38,59% em relação a média dos valores obtidos dos 30 aos 150 DAP e chegando ao valor máximo aos 210 DAP (0,96 cm³ cm³ dia⁻¹) onde se obteve um acréscimo de 161,46% em relação da média dos valores obtidos no mesmo período (Figura 29).

Houve um acréscimo acentuado na taxa de crescimento em fitomassa fresca epígea do pinhão manso aos 180 e 210 DAP, coincidindo com a época de menor floração e redução da formação de frutos, retomando o seu crescimento vegetativo. Segundo Lacher (2000), no período de formação de flores e de frutos em abundância há uma competição com o crescimento vegetativo, removendo as reservas que poderiam ser usadas na renovação das gemas e no conseqüente crescimento das plantas.

4.4 Produção do pinhão manso

Os dados do número de frutos, peso médio de frutos, peso médio de sementes e peso médio do albúmen, analisados estatisticamente, estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo da ANOVA para o peso médio do fruto (PMF), peso médio da semente (PMS) e peso médio do albúmen (PMA). Crateús – CE. 2009/2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		NF (frutos planta ⁻¹)	PMF (g)	PMS (g)	PMA (g)
Lâmina de irrigação (L)	4	2.506,07940 ^{**}	0,00749 ^{ns}	0,00092 ^{ns}	0,07301 ^{**}
R. linear	1	1.928,62656 ^{**}	-	-	0,00072 ^{ns}
R. quadrática	1	1.058,35540 ^{**}	-	-	0,04862 ^{**}
R. cúbica	1	313,32006 [*]	-	-	0,00004 ^{ns}
Níveis de nitrogênio (N)	3	186,84959 ^{ns}	0,00837 ^{ns}	0,00070 ^{ns}	0,00294 ^{ns}
Interação L x N	12	136,27668 ^{ns}	0,00783 ^{ns}	0,00112 ^{ns}	0,00273 ^{ns}
Bloco	2	28,87848 ^{ns}	0,00281 ^{ns}	0,00331 ^{**}	0,00038 ^{ns}
Resíduo (L)	8	160,33671	0,00707	0,00032	0,00280
Resíduo (N)	30	134,22718	0,00637	0,00084	0,00254
CV (L)	(%)	21,02	2,86	2,44	10,82
CV (N)	(%)	19,23	2,71	3,95	10,30

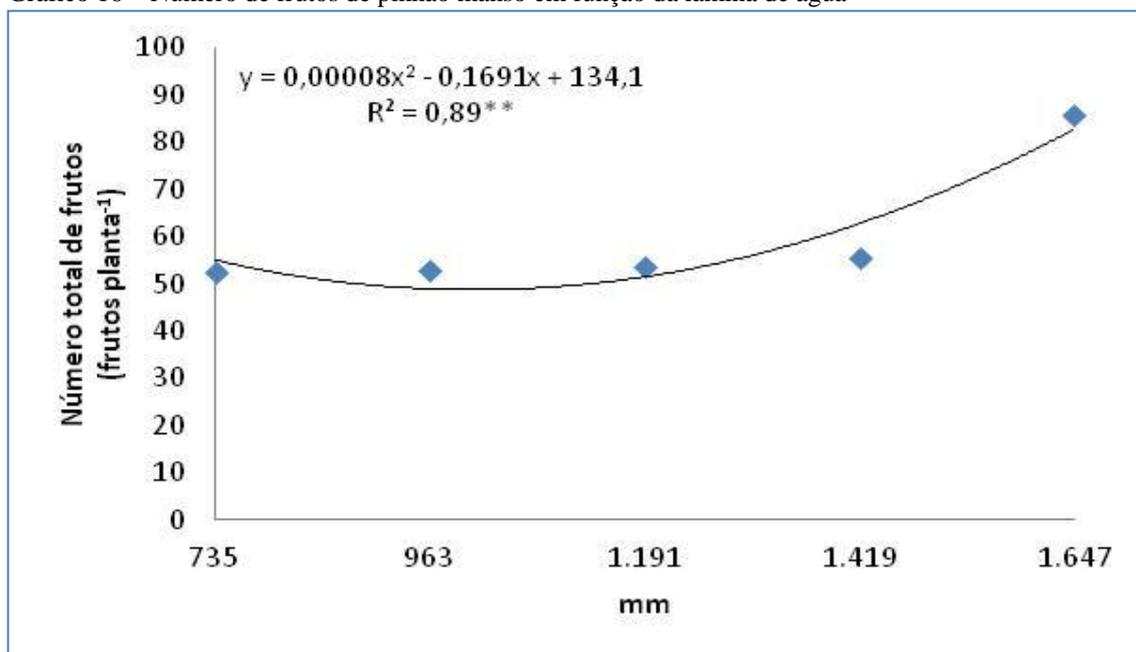
(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (^{ns}) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.4.1 Número de frutos

O resultado da análise de variância contido na Tabela 11 demonstra significância estatística de 1% de probabilidade, para a variável número de frutos por planta de pinhão manso. Isso mostra a resposta da cultura às lâminas aplicadas e a não influência das doses de adubação nitrogenadas aplicadas e nem a interação entre ambos.

Quanto à análise de regressão do número de frutos em relação à lâmina aplicada, verificou-se que o modelo polinomial de 2º grau foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,89 (Gráfico 16).

Gráfico 16 – Número de frutos de pinhão manso em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

Houve um aumento no número total de frutos por planta de pinhão manso de 52,63 frutos no tratamento de menor lâmina aplicada referente a 50% da ECA ($L_1 = 735,53$ mm) até 86 frutos na maior lâmina aplicada referente de 150% da ECA ($L_5 = 1.646,61$ mm), representando um incremento de 63,42% (Gráfico 16).

Comportamento semelhante foi encontrado por Silva *et al.* (2009b) onde verificaram que o estresse hídrico afetou todas as variáveis de produção das plantas de pinhão manso e que entre os tratamentos com 25% e 125% de reposição da ETc, houve um aumento de 55,21% no número de frutos de pinhão manso.

Silva *et al.* (2011) trabalhando com pinhão-manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico concluíram que ocorreu um aumento de 648,80% no número médio de cachos entre os tratamentos com 0,25 e 1,25 de reposição da evapotranspiração com água residuária.

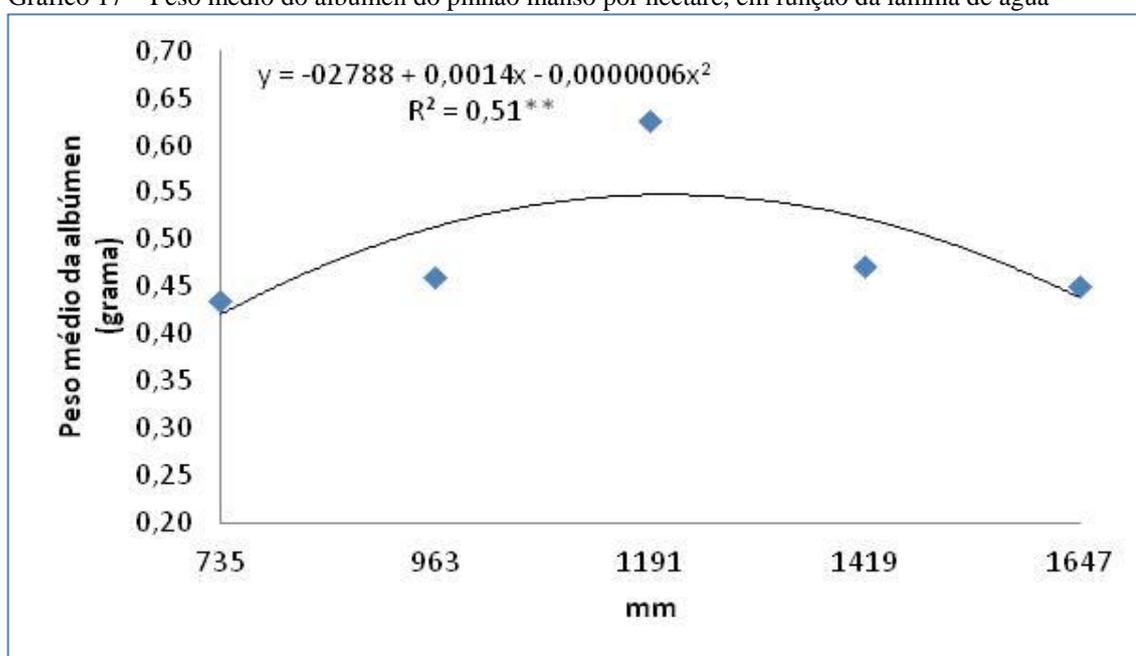
4.4.2 Peso médio

De acordo com a ANOVA para o fator lâmina apenas para o peso médio do albúmen do pinhão manso foi significativo a 5% de probabilidade (Tabela 11). Não foi observada nenhuma influencia das diferentes doses de adubação nitrogenada e nem da interação das lâminas de água aplicadas com adubação nitrogenada para nenhuma das

variáveis de peso médio. Ainda, observa-se que os coeficientes de variação foram baixos para o estudo em campo.

Observam-se no Gráfico 17 que os valores do peso médio do albúmen encontra-se praticamente constante para as diferentes lâminas exceto para a lâmina de 1.191 mm que obteve o maior valor (0,63g) alcançando uma diferença, até expressiva, em relação aos valores encontrados com as demais lâminas; cerca de 38,46% superior ao valor médio das demais lâminas. Nas lâminas de 735, 963, 1.419 e 1.647 mm os pesos médios do albúmen foram de 0,44g, 0,46g, 0,47g e 0,45g, respectivamente.

Gráfico 17 – Peso médio do albúmen do pinhão manso por hectare, em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

Os tratamentos com lâminas utilizando percentuais abaixo ou acima do valor total evaporado do tanque classe “A”, valor de referência, apresentaram valores do peso médio do albúmen semelhante. O valor mais expressivo foi alcançado com a lâmina correspondente a 100% de ECA.

Nos tratamentos com déficit hídrico, a influência do crescimento de frutos, das sementes e das cascas pode ser justificado pelo fechamento dos estômatos que causam mudanças no metabolismo das plantas, fazendo com que a planta se adapte às novas condições e ajuste o fluxo osmótico, reduzindo, em consequência, a assimilação (JONES *et al.*, 1985; MUNNS *et al.*, 1979 *apud* NÓBREGA, 2010).

4.4.3 Produtividade

Na Tabela 12 podem-se observar os dados referentes ao resumo da ANOVA da produtividade de frutos, de sementes e de albúmen no primeiro ciclo reprodutivo. Nota-se que houve efeito altamente significativo apenas para as lâminas aplicadas (L) sobre a produtividade de frutos, de sementes e de albúmen.

Pode ser observado ainda que este fator ocasionou efeito significativo nas variáveis de produtividade total ao nível de 1% de probabilidade. Entretanto, com os níveis de adubação nitrogenada (N) utilizados não se verificou influência sobre as produtividades totais do pinhão manso, assim como nas interações lâminas aplicadas e adubação nitrogenada (L x N).

Os coeficientes de variação para os dois fatores foram considerados adequados para as variáveis de produtividade total em análise, o que caracteriza uma boa precisão experimental.

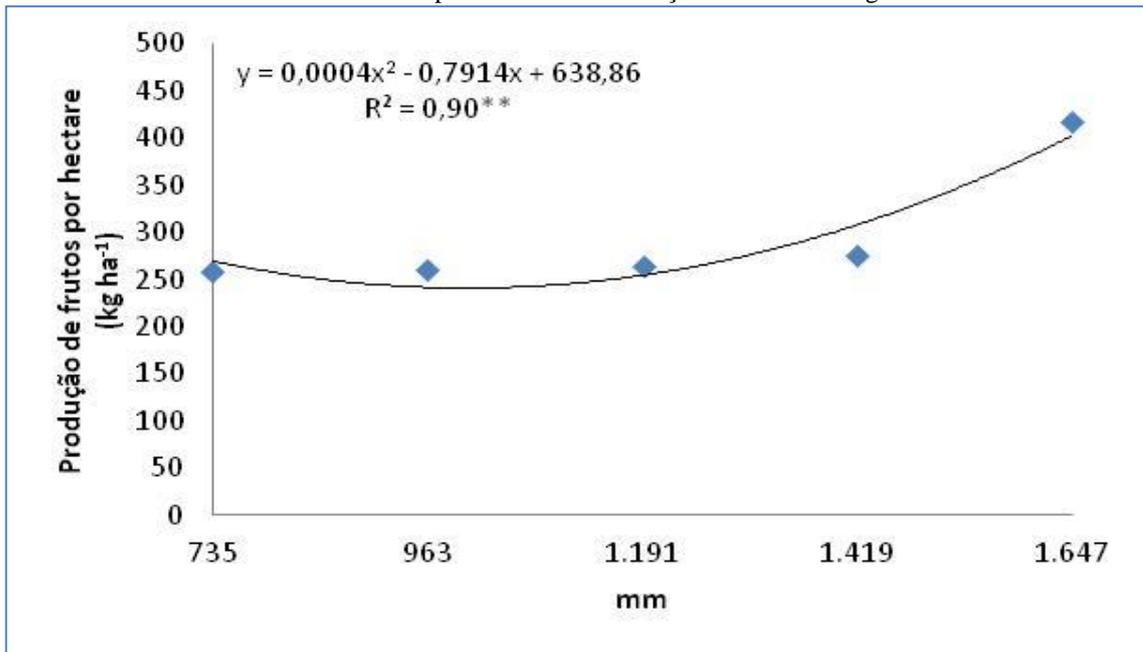
Tabela 12 – Resumo da ANOVA para a produtividade de frutos por hectare (PRODFH), produtividade de sementes por hectare (PRODSH) e produtividade de albúmen por hectare (PRODAH).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		PRODFH (kg ha ⁻¹)	PRODSH (kg ha ⁻¹)	PRODAH (kg ha ⁻¹)
Lâmina de irrigação (L)	4	56.055,51888 ^{**}	23.805,20461 ^{**}	9.022,63740 ^{**}
R. linear	1	44.036,49600 ^{**}	18.728,98729 ^{**}	7.630,85376 ^{**}
R. quadrática	1	23.326,99721 ^{**}	9.820,37315 ^{**}	3.258,01035 ^{**}
R. cúbica	1	6.567,68756 [*]	2.830,30152 [*]	1.054,11289 [*]
Níveis de nitrogênio (N)	3	5.067,74366 ^{ns}	2.269,45446 ^{ns}	963,25549 ^{ns}
Interação L x N	12	3.191,78384 ^{ns}	1.340,62244 ^{ns}	541,61765 ^{ns}
Bloco	2	1.026,86621 ^{ns}	464,63013 ^{ns}	230,70339 ^{ns}
Resíduo (L)	8	4.532,74532	2.040,26713	777,66346
Resíduo (N)	30	5.067,74366	1.431,19018	567,21862
CV (L)	(%)	22,79	23,62	23,66
CV (N)	(%)	19,51	19,79	20,21

(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

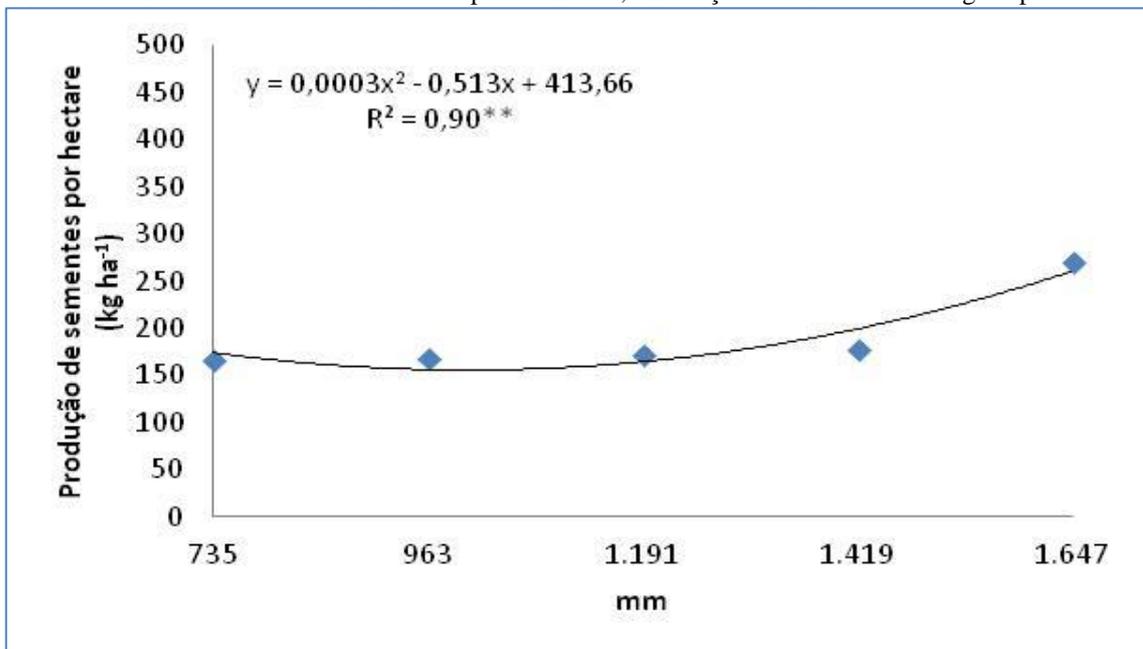
O melhor modelo de ajuste para a produtividade total de frutos, sementes e albúmen em função das lâminas aplicadas foi a regressão polinomial de 2º grau, conforme a equação dos Gráficos 18, 19 e 20, com tendência crescente com o incremento das lâminas baseadas na evaporação medida no tanque Classe “A” (ECA).

Gráfico 18 – Produtividade de frutos de pinhão manso em função da lâmina de água



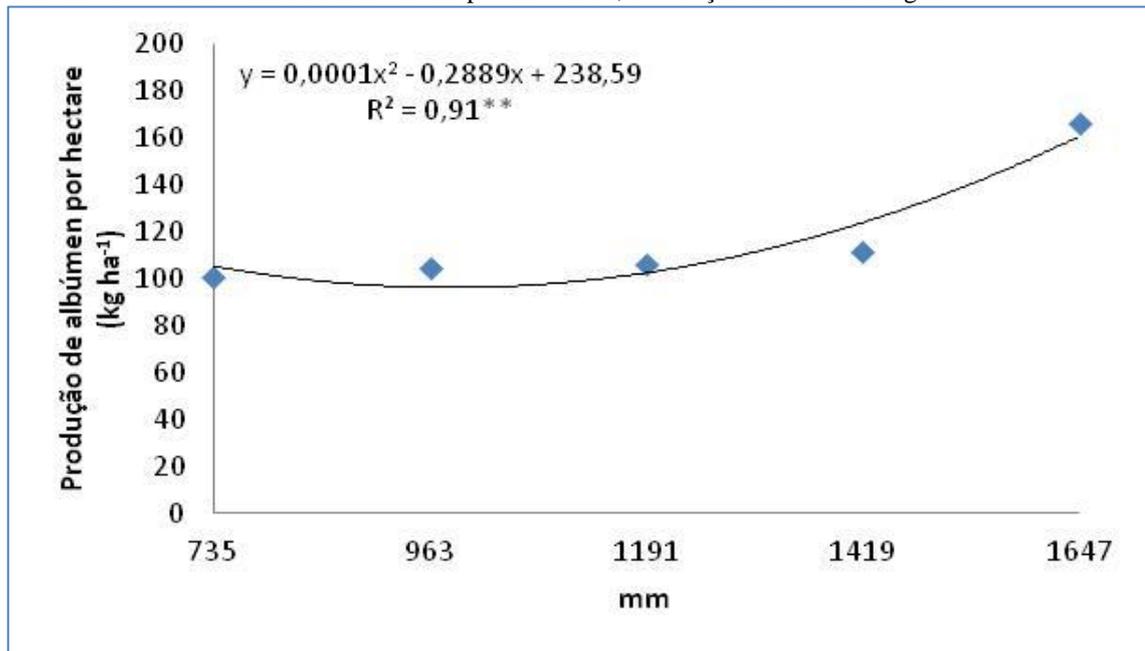
Fonte: Carvalho (2010).

Gráfico 19 – Produtividade de sementes de pinhão manso, em função da lâmina total de água aplicada



Fonte: Carvalho (2010).

Gráfico 20 – Produtividade de albúmen de pinhão manso, em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

Houve um aumento na produtividade de frutos do pinhão manso de 258,72 kg ha⁻¹ no tratamento de menor lâmina aplicada ($L_1 = 735,53$ mm) até 417,07 kg ha⁻¹ na maior lâmina aplicada ($L_5 = 1.646,61$ mm), representando um incremento de 61,21% (Gráfico 18).

Em conformidade com o resultado obtido, Silva *et al.* (2011) afirmam que quanto maior o período de tempo disponível para a planta com condições ambientais favoráveis, maior também será o número de frutos formados e, portanto, maior a produtividade. Silva (2010), afirma que o pinhão manso é uma cultura que necessita de maior quantidade de água disponível no solo (próximo à capacidade de campo) para que possa melhor expressar o seu potencial produtivo e obter uma maior produtividade.

Na produtividade de sementes o incremento alcançado da menor lâmina para a maior lâmina foi de 61,86% (Gráfico 19) e na produção total de albúmen foi de 64,92% (Gráfico 20). Em concordância, Silva *et al.* (2011) observaram em sua pesquisa que as plantas apresentavam produção contínua, principalmente aquelas sob situação de disponibilidade de água no solo e que ocorreu um aumento de 648,80% no número médio de cachos entre os tratamentos com 0,25 e 1,25 de reposição da evapotranspiração com água residuária.

A influencia da irrigação na produção do pinhão manso pode ser comprovada por Drumond *et al.* (2007) que nos nove primeiros meses de implantação da cultura do pinhão manso, na região de Petrolina, PE, com espaçamento de 2x2, a produtividade média de sementes e frutos por hectare das plantas irrigadas (871 kg ha⁻¹) foi 3,5 vezes maior que aquela obtida apenas com o regime normal de chuva (246 kg ha⁻¹); e por Evangelista *et al.*

(2011) que concluíram que o tratamento irrigado foi superior ao não irrigado, com obtenção de produtividade de sementes de $236,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e rendimento de óleo de $9,97 \text{ L kg}^{-1}$ no tratamento irrigado e com produtividade de sementes de $83,87 \text{ kg ha}^{-1}$ e rendimento de óleo de $9,01 \text{ L kg}^{-1}$ das plantas de sequeiro.

Verificou-se nos tratamentos com imposição de estresse hídrico, mesmo que moderado, redução no valor das variáveis de produção das plantas de pinhão manso. Isso foi constatado por Evangelista (2009), que analisando a produtividade do pinhão manso com a aplicação de diferentes lâminas de água, calculadas com base na porcentagem de evaporação medida do tanque Classe A, obteve uma produtividade de $192,1 \text{ kg ha}^{-1}$ para a lâmina equivalente a 120% da ECA, com um turno de rega de 3 dias, no primeiro ano de cultivo. Este considera ainda que a região onde foi desenvolvido o experimento, apresenta um índice pluviométrico considerável, acima de 1.000 mm anual, o que mostra a resposta do pinhão manso frente a disponibilidade de água no solo. Embora se caracterize por ser uma planta apta a se desenvolver em regiões secas, a cultura se mostrou sensível ao estresse hídrico, mesmo que moderado.

Conforme Larcher (2000), a primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e associada a esse evento, a diminuição do processo de crescimento (particularmente o crescimento em extensão). Deficiência hídrica significa que a extensão celular não pode acontecer, pois a pressão de turgescência é inadequada, ou se já estava iniciado o processo de crescimento celular, torna-se cada vez mais lento e termina prematuramente, devido, talvez, à alta concentração de ácido abscísico. Consequentemente, ocorre redução no crescimento e na produção da cultura.

4.4.4 Relações de peso

As relações peso do albúmen (amêndoa) versus peso da semente e peso do albúmen versus peso do fruto tornam-se interessante uma vez que é através do albúmen que é extraído o óleo utilizado para a fabricação do biodiesel. Estas variáveis podem ser utilizadas para o cálculo do preço de frutos e de sementes com casca, caso o intuito da comercialização seja a extração do óleo da semente, bem como, para se determinar a quantidade de material obtido com a casca que poderá ser utilizada como subproduto da extração do óleo, como adubo orgânico e outros.

Na Tabela 13 encontram-se os dados referentes a análise estatística das variáveis relação peso do albúmen x peso da semente (RPAPS) e relação do peso do albúmen x peso do fruto (RPAPF).

Tabela 13 – Resumo da ANOVA para a relação do peso do albúmen x peso da semente (RPAPS) e relação do peso do albúmen x peso do fruto (RPAPF). Crateús – CE. 2009/2010.

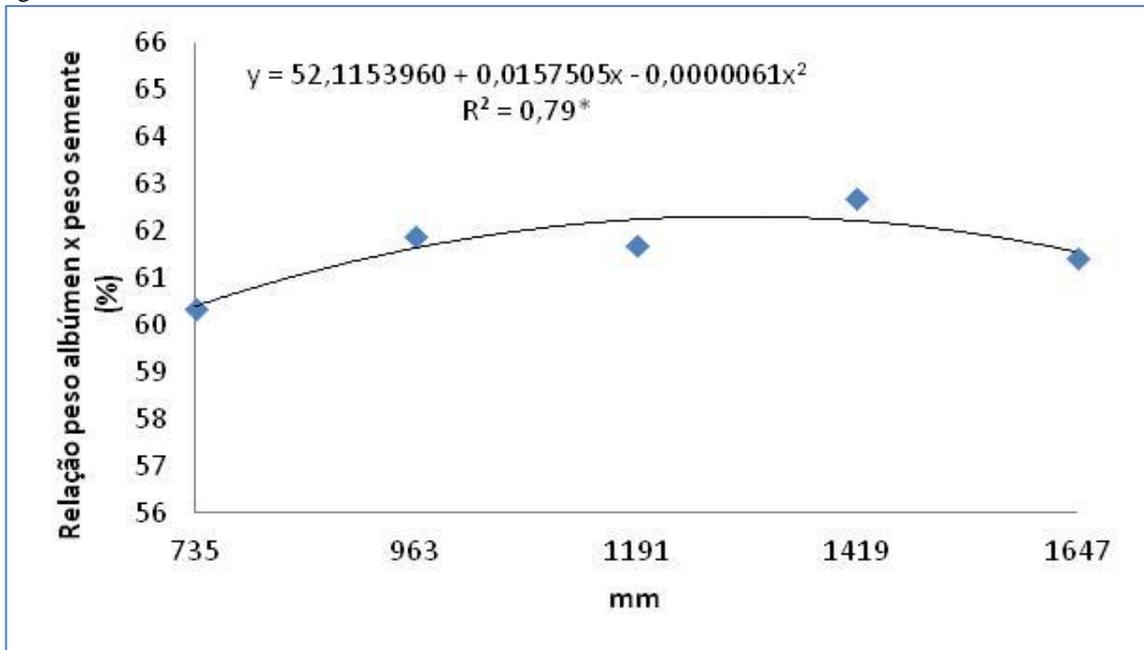
Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		RPAPS (%)	RPAPF (%)
Lâmina de irrigação (L)	4	8,51691*	581,51416**
R. linear	1	3,34084 ^{ns}	5,38756 ^{ns}
R. quadrática	1	5,59446*	369,56606**
R. cúbica	1	0,11236 ^{ns}	2,34740 ^{ns}
Níveis de nitrogênio (N)	3	1,26892 ^{ns}	31,09032 ^{ns}
Interação L x N	12	3,11378 ^{ns}	16,41360 ^{ns}
Bloco	2	4,16100 ^{ns}	18,18517 ^{ns}
Resíduo (L)	8	1,84390	22,71998
Resíduo (N)	30	1,84662	21,03965
CV (L)	(%)	2,20	11,05
CV (N)	(%)	2,21	10,64

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

A partir do resultado da análise de variância percebem-se significâncias estatísticas aos níveis de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F para o fator lâmina, para as relações peso do albúmen x peso da semente e peso do albúmen x peso do fruto de pinhão manso, respectivamente. Isso mostra a resposta da cultura às lâminas totais de água aplicadas nas duas relações de peso citadas, o mesmo não acontecendo com o fator adubação nitrogenada onde não houve nenhuma influencia significativa para nenhuma das relações de peso. Ainda, observa-se na Tabela 13 que os coeficientes de variação foram baixos para o estudo em campo.

Observa-se na Gráfico 21 que o maior valor da relação do peso do albúmen x peso da semente foi encontrado com a lâmina de 1.419 mm onde 62,69% do peso da semente corresponde ao peso do albúmen (amêndoa). O menor valor para esta relação de peso foi encontrada com a lâmina de 735 mm quando esta relação de peso chegou a 60,37%.

Gráfico 21 – Relação do peso do albúmen x peso da semente de pinhão manso, em função da lâmina de água.

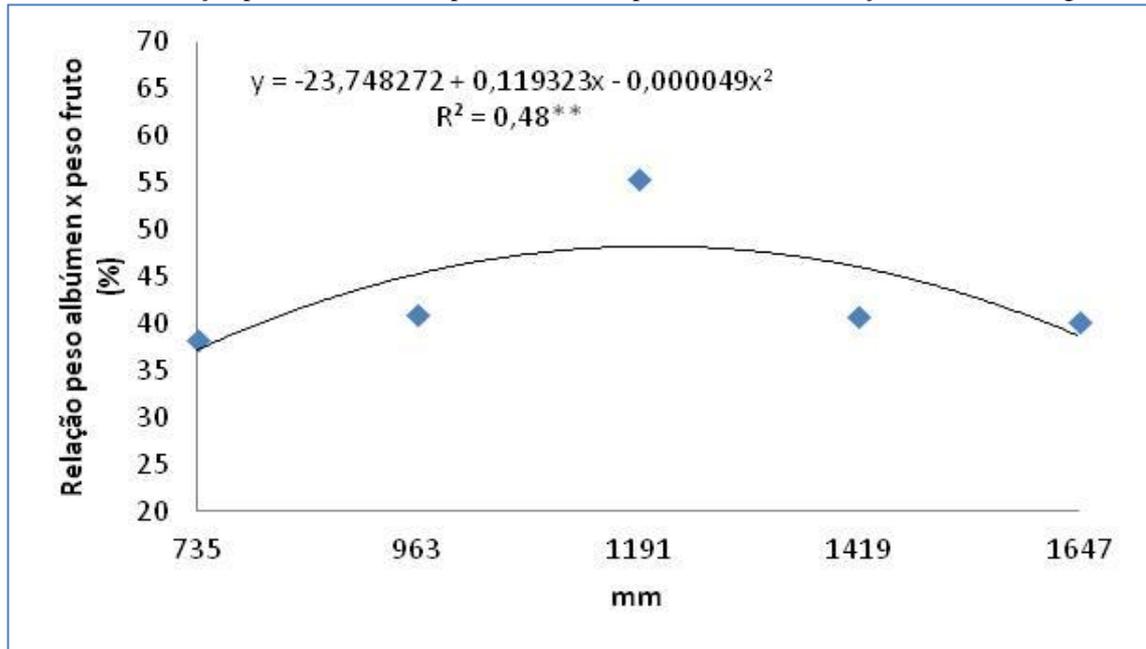


Fonte: Carvalho (2010).

Utilizando a equação do Gráfico 21 encontra-se o valor máximo da relação do peso do albúmen x peso da semente utilizando uma lâmina de 1.291 mm onde 62,28% do peso da semente correspondem ao peso do albúmen (amêndoa).

No que se refere à relação peso do albúmen x peso do fruto (Gráfico 22), o maior valor foi encontrado com a lâmina de 1.191 mm onde 55,42% do peso do fruto corresponde ao peso do albúmen, já o menor valor encontrado para esta relação foi com a lâmina de 735 mm com 38,21%. Para estas variáveis, condições de estresse e de lâminas elevadas constituíram-se em fatores depreciativos.

Gráfico 22 – Relação peso do albúmen x peso do fruto do pinhão manso em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

Isto vai ao encontro do comentado por Tormena *et al.* (1999) *apud* Albuquerque *et al.* (2009): a disponibilidade de água no solo interfere a produção vegetal. A saturação hídrica do solo prejudica o desenvolvimento das raízes e da parte aérea e também a fixação de nitrogênio pelo sistema radicular, em virtude de reduzir o oxigênio para os nódulos, resultando numa consequente redução do número de nódulos por área radicular. Já a deficiência, reduz o período de abertura estomática e a produção de fotoassimilados.

Utilizando a equação do Gráfico 22 encontra-se o valor máximo da relação do peso do albúmen x peso do fruto utilizando uma lâmina de 1.218 mm onde 48,90% do peso do fruto correspondem ao peso do albúmen (amêndoa).

4.5 Eficiência do uso da água

Verifica-se com base na análise de variância (Tabela 14), ter havido efeito significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F das lâminas de irrigação sobre a eficiência de uso da água na produtividade total de frutos (EUAF), de sementes (EUAS) e de albúmen (EUAA); no fator adubação nitrogenada, não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis de eficiências do uso da água analisadas neste experimento, assim como, sem efeito interativo dos fatores analisados sobre estas variáveis.

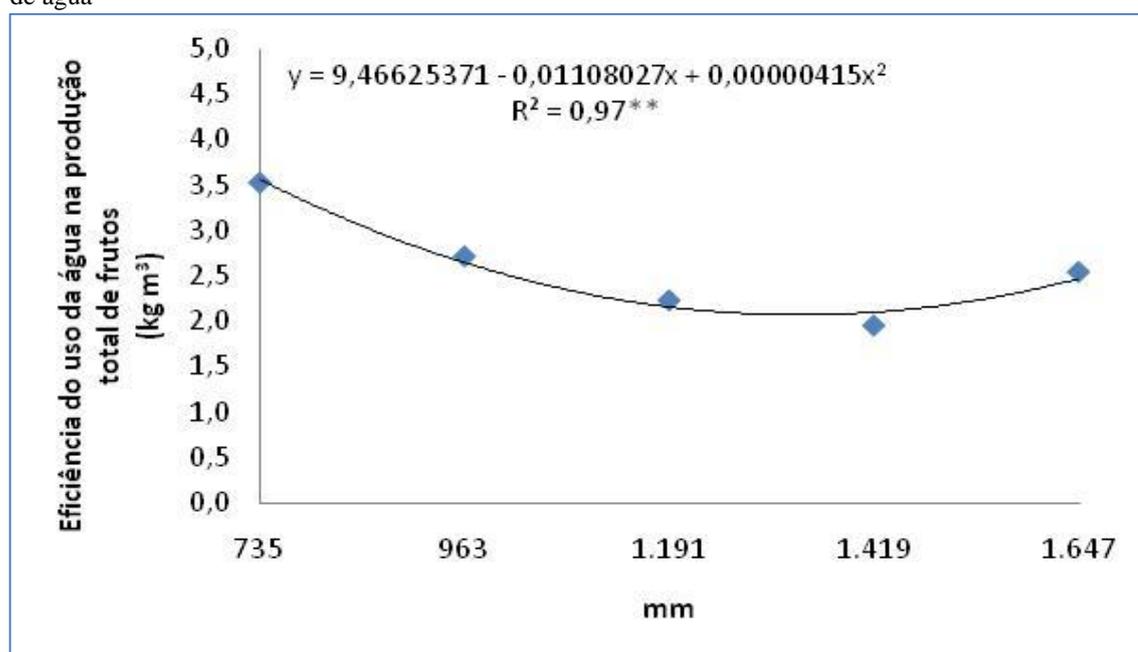
Tabela 14 – Resumo da ANOVA para a eficiência do uso da água na produção total de frutos (EUAF), de sementes (EUAS) e de albúmen (EUAA) de pinhão manso no município de Crateús. 2009/2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		EUAF (kg m ³)	EUAS (kg m ³)	EUAA (kg m ³)
Lâmina de irrigação (L)	4	4,29898 ^{**}	1,77841 ^{**}	0,59708 ^{**}
R. linear	1	2,98662 ^{**}	1,23552 ^{**}	0,41412 ^{**}
R. quadrática	1	2,59290 ^{**}	1,08364 ^{**}	0,35044 ^{**}
R. cúbica	1	0,11664 ^{ns}	0,04970 ^{ns}	0,02209 ^{ns}
Níveis de nitrogênio (N)	3	0,30761 ^{ns}	0,13543 ^{ns}	0,05645 ^{ns}
Interação L x N	12	0,20067 ^{ns}	0,08233 ^{ns}	0,03437 ^{ns}
Bloco	2	0,11033 ^{ns}	0,04733 ^{ns}	0,02341 ^{ns}
Resíduo (L)	8	0,32955	0,14594	0,05738
Resíduo (N)	30	0,16268	0,07039	0,02730
CV (L)	(%)	22,21	22,84	23,28
CV (N)	(%)	15,61	15,86	16,06

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

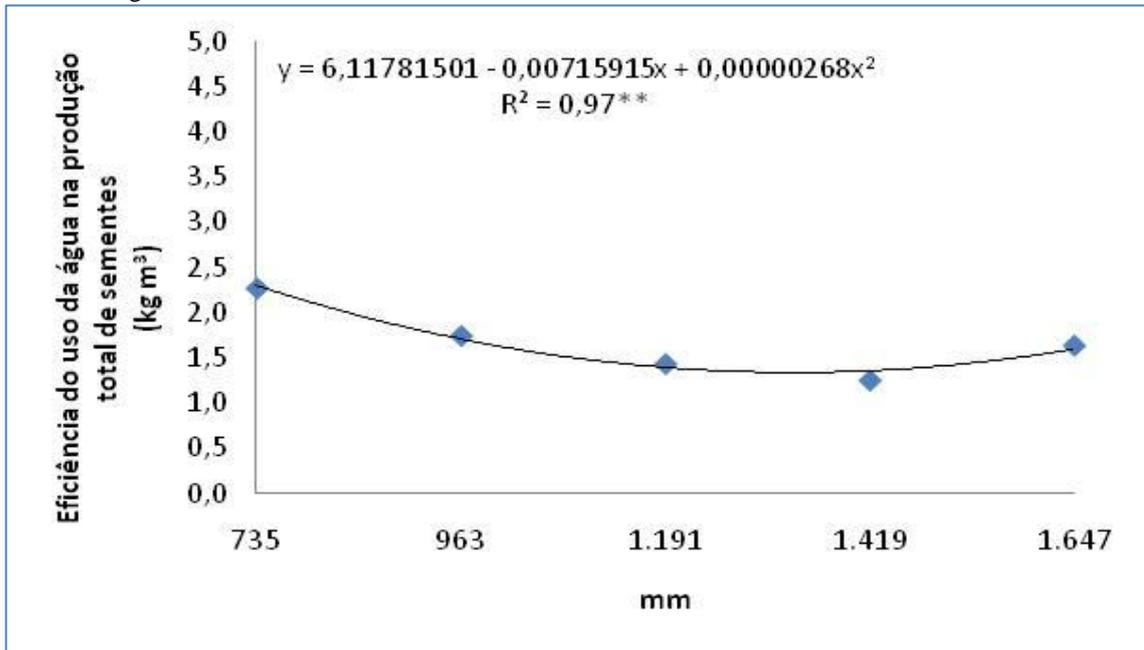
Com a menor lâmina aplicada (735 mm) obtiveram-se os maiores valores de EUAF (3,52 kg m⁻³), EUAS (2,28 kg m⁻³) e EUAA (1,01 kg m⁻³). Nota-se ainda que com o aumento do suprimento hídrico, ocorreu uma tendência de decréscimo nos valores de EUAF, EUAS e EUAA, excetuado-se nas maiores lâminas onde as plantas de pinhão manso obtiveram uma produtividade bem superior em comparação as demais lâminas (Gráficos 23, 24 e 25).

Gráfico 23 – Eficiência do uso da água na produção total de frutos do pinhão manso em função da lâmina de água



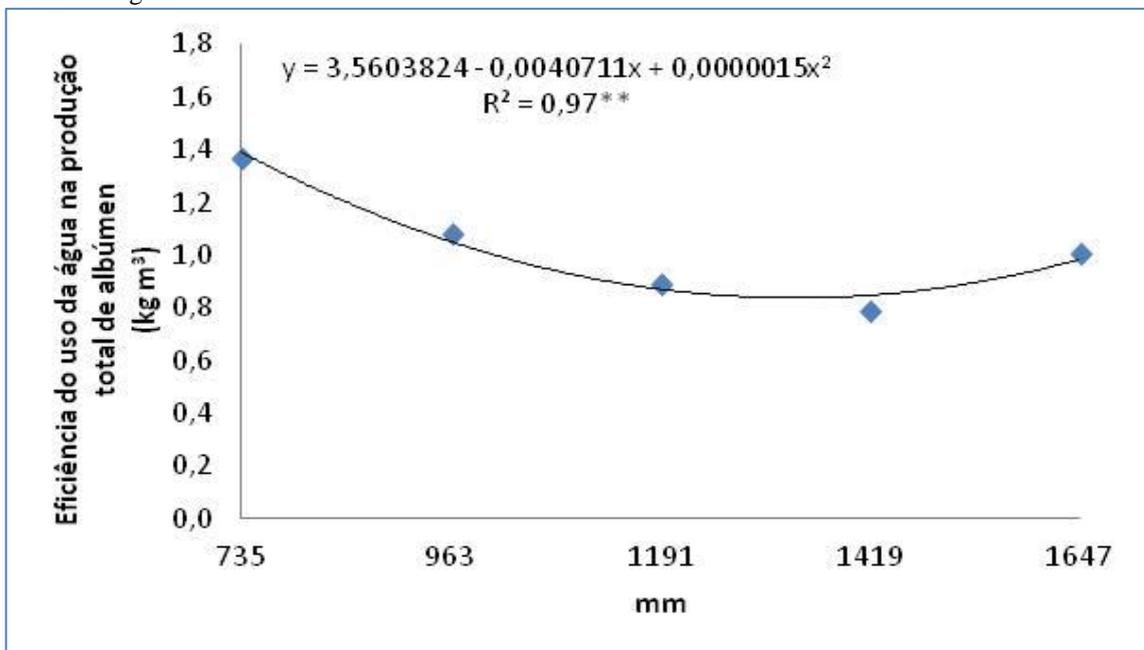
Fonte: Carvalho (2010).

Gráfico 24 – Eficiência do uso da água na produção total de sementes do pinhão manso em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

Gráfico 25 – Eficiência do uso da água na produção total de albúmen do pinhão manso em função da lâmina de água



Fonte: Carvalho (2010).

Resultados semelhantes foram obtidos por Roza (2010), trabalhando alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água com plantas de pinhão manso submetidas à

deficiência hídrica. O autor sugere ainda que a técnica da irrigação deficitária pode resultar em maior eficiência de uso da água.

De acordo com o Gráfico 23, a EUAF decresceu de 3,52 kg m⁻³ na menor lâmina total aplicada de 735 mm para 1,94 kg m⁻³ na lâmina total aplicada de 1.419 mm, representando um decréscimo de 44,89% do maior para o menor valor de EUAF. Após o valor mínimo encontrado com a lâmina de 1.419 mm observou-se uma recuperação e um acréscimo de 30,41%, partindo de 1,94 kg m⁻³ para 2,53 kg m⁻³ com a maior lâmina total aplicada de 1.646 mm. Mesmo com a recuperação nos valores de EUAF com a maior lâmina total aplicada (1.646 mm) os valores obtidos com a mesma ainda encontraram-se 20,42% menores que os valores encontrados com a melhor lâmina total aplicada (735 mm).

A mesma tendência foi observada na EUAS e EUAA (Gráficos 24 e 25), onde ocorreu nas mesmas um decréscimo de 44,74 e 42,34%, respectivamente, da menor lâmina total aplicada de 735 mm para a lâmina total aplicada de 1.419 mm. A recuperação nos valores de EUAS e EUAA nas lâminas de 1.419mm para 1.646 mm foram de 30,16 e 27,85%, respectivamente. Mesmo com a recuperação nos valores de EUAS e EUAA com a maior lâmina total aplicada as mesmas encontram-se inferiores 28,07 e 26,28%, respectivamente, referente à menor lâmina total aplicada.

Sousa *et al.* (2008), estudando a eficiência do uso da água pela mamoneira sob diferentes lâminas de irrigação, constataram que a eficiência do uso da água decresceu com o incremento na lâmina aplicada, sendo o maior valor de EUA, correspondente a 0,72 kg m⁻³, alcançado com o regime de 60% da ETC.

Pesquisadores como SOUSA *et al.* (2008) trabalhando com mamona e Valnir Júnior (2007), Sousa *et al.* (2000) e Sousa *et al.* (1998) trabalhando com melão, também encontraram maiores valores de EUA a partir de menores lâminas, ou seja, com o aumento do suprimento hídrico a EUA foi decrescendo. Estes resultados mostram a importância da definição da lâmina de irrigação adequada para maximizar a produção por unidade de água aplicada, sobretudo para minimizar os custos de produção do pinhão manso.

4.6 Estado nutricional da planta

4.6.1 Macronutrientes

A Tabela 15 apresenta os dados referentes aos teores foliares dos macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas três coletas realizadas durante a condução

do experimento: 1ª coleta (antes da implantação dos tratamentos com adubação nitrogenada), 2ª coleta (após a aplicação da primeira parcela da dose recomendada de nitrogênio, 40% do total, e antes da aplicação da segunda parcela) e 3ª coleta (após a produção da cultura).

Tabela 15 – Resumo da ANOVA para os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Crateús – CE. 2009/2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
Nitrogênio (N)	3	19,0980 ^{ns}	0,0232 ^{ns}	1,1211 ^{ns}	19,2407 ^{ns}	0,3563 ^{ns}
Época de coleta (C)	2	167,5519 ^{**}	0,1052 [*]	852,3700 ^{**}	643,395 ^{**}	43,6275 ^{**}
Interação N x C	6	7,3163 ^{ns}	0,0360 ^{ns}	3,3277 ^{ns}	10,9015 ^{ns}	1,2471 ^{ns}
Bloco	2	4,1436 ^{ns}	0,0269 ^{ns}	5,9433 ^{ns}	2,9186 ^{ns}	13,2933 ^{**}
Resíduo (N)	6	24,0602	0,0065	4,6011	8,1260	0,9407
Resíduo (C)	16	13,4498	0,0195	2,0966	18,8583	2,5788
CV (N)	%	15,36	3,16	21,78	16,15	11,37
CV (C)	%	11,48	5,46	14,70	24,60	18,82
Médias						
0 kg ha ⁻¹ de N		31,666 a	2,600 a	10,166 a	18,022 a	8,600 a
25 kg ha ⁻¹ de N		30,011 a	2,488 a	9,544 a	16,644 a	8,244 a
50 kg ha ⁻¹ de N		32,733 a	2,588 a	9,544 a	16,388 a	8,700 a
75 kg ha ⁻¹ de N		33,333 a	2,577 a	10,144 a	19,566 a	8,588 a
DMS (N)		6,596	0,163	3,355	3,944	3,030
1ª Coleta		30,200 b	2,666 a	0,766 c	13,600 b	10,733 a
2ª Coleta		36,225 a	2,541 ab	11,366 b	13,258 b	7,508 b
3ª Coleta		29,383 b	2,483 b	17,416 a	26,108 a	7,358 b
DMS (C)		3,864	0,147	1,525	4,575	1,692

(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

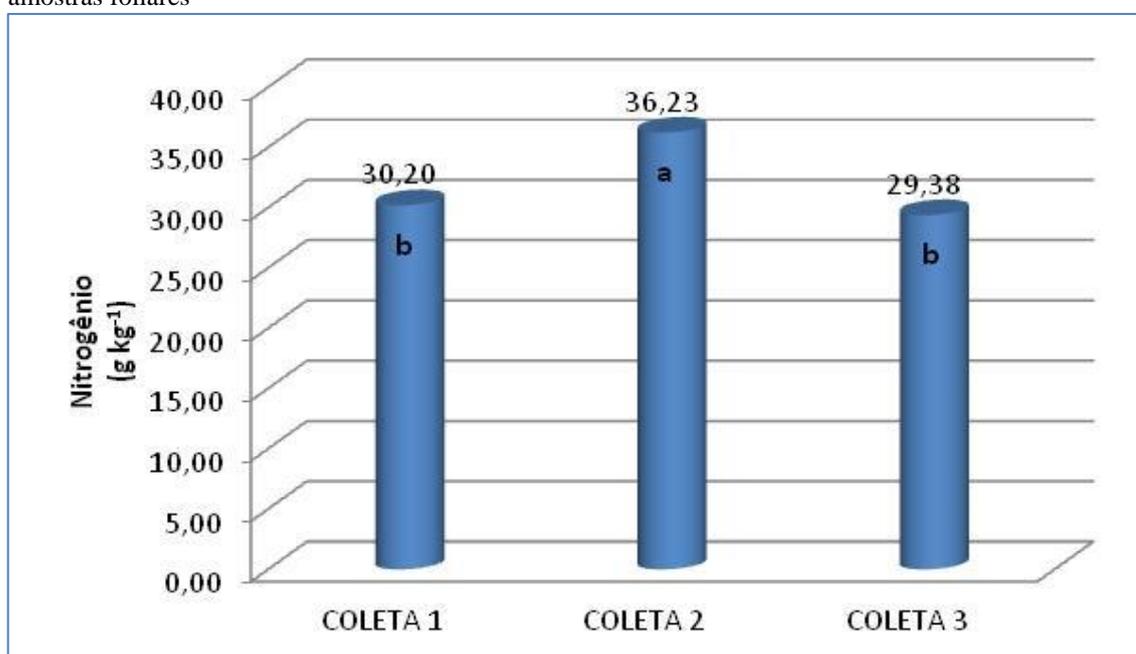
Com base nos resultados obtidos da análise de variância apresentados na Tabela 15, observa-se que, houve efeito significativo apenas nas três épocas de coletas de amostras foliares (C) sobre os teores foliares de macronutrientes. Particularmente nas variáveis de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio ao nível de 1% de probabilidade e para o fósforo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Nos níveis de adubação nitrogenada (N) não se verificou influência sobre os teores foliares de macronutrientes, assim como nas interações adubação nitrogenada e épocas de coleta (N x C).

A ordem de acúmulo de macronutrientes nas folhas, de maneira geral, foi a seguinte: N > Ca > K > Mg > P, concordando com os resultados obtidos por Laviola & Dias (2008).

4.6.1.1 Nitrogênio

Os teores foliares de N foram mais elevados na 2ª coleta realizada após a aplicação da primeira parcela da dose recomendada (40% do total) e antes da aplicação da segunda parcela da adubação nitrogenada ($36,23\text{g kg}^{-1}$) diferenciando-se assim dos teores obtidos na 1ª coleta ($30,20\text{g kg}^{-1}$) realizada antes da implantação dos tratamentos com adubação nitrogenada e da 3ª coleta ($29,38\text{g kg}^{-1}$) realizada após a produção da cultura (Gráfico 26).

Gráfico 26 – Teores foliares de nitrogênio na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares



Fonte: Carvalho (2010).

Os valores da 1ª e da 3ª coleta não diferiram entre si, mas foram inferiores ao da 2ª. No caso da 1ª, ainda não havia ocorrido adubação nitrogenada. Quanto a 3ª, provavelmente a sua redução se deveu a redistribuição do mesmo pela planta e a necessidade de maiores quantidades nesta fase. Isto confirma comentários de alguns autores: o N é um elemento móvel na planta, que tende a se concentrar nos tecidos jovens e a diluir sua concentração com o tempo devido à estabilização do crescimento do tecido, ao aumento de carboidratos e lipídios e, especialmente, por causa da redistribuição para os frutos e partes jovens da planta ainda em crescimento (MARSCHNER, 2005; JONES JUNIOR, 1991 *apud* BRANDÃO *et al.*, 2011).

Provavelmente, durante o início da floração (próximo a 2ª coleta) a quantidade de nitrogênio disponibilizada foi suficiente apesar do maior consumo em relação à fase de frutificação. Maior consumo de N na fase de floração em relação a de frutificação são relatados por Carvalho *et al.* (2007) e Rosolem (2001) *apud* BRANDÃO *et al.* (2011) com algodão.

Os teores foliares de N não foram influenciados de maneira significativa pelo tratamento das doses de adubação nitrogenada aplicada, porém pode-se observar que nas plantas submetidas a maiores doses do elemento, os teores foliares de N obtiveram os valores mais elevados (Tabela 15).

Os valores dos teores foliares de N encontrados nos tratamentos com as diferentes doses de adubação nitrogenada foram semelhantes ao valor encontrado por Laviola & Dias (2008) estudando o teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso, que foi de 31,4 g kg⁻¹. Lima *et al.* (2011) também encontraram valores médios próximos (32,1 g kg⁻¹) estudando o crescimento e teor foliar de nutrientes em mudas de pinhão manso em substratos de materiais orgânicos e fertilizante mineral. Já Nóbrega (2010) encontraram valores médios de 31,12 g kg⁻¹ com adubação orgânica e 27,50 g kg⁻¹ com adubação mineral.

Segundo Taiz & Zeiger (2004), o pinhão manso é uma planta que apresenta alta taxa de crescimento, sendo o N essencial para a assimilação do C e a formação de novos órgãos na planta. Talvez devido esta necessidade elevada de N para o pinhão manso fazem-se necessárias maiores dosagens para que ocorram diferenças significativas no seu teor foliar.

Na Tabela 16, podem ser visualizadas a matéria orgânica, e outras características químicas do solo no final do experimento, sendo que o valor da mesma na análise do início do experimento foi de 5,2 mg dm⁻³.

Tabela 16 - Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm, no final do experimento.

Tratamentos	MO	pH	P	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CE
	g kg ⁻¹		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			dS m ⁻¹
T	5,2	4,5	5	31,0	3	1,4	1,4	1,0	0,2
N ₁	6,2	5,5	17	33,3	3	1,7	1,3	0,1	0,2
N ₂	6,3	5,0	25,7	29,0	3	1,4	0,9	0,4	0,2
N ₃	8,5	5,0	19,3	26,0	3	1,2	1,0	0,3	0,2
N ₄	7,6	4,9	27,3	23,0	3	1,5	1,2	0,3	0,2

T – análise realizada antes da implantação do experimento; N₁ – 0 kg ha⁻¹ de N + 50 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K; N₂ – 25 kg ha⁻¹ de N + 50 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K; N₃ – 50 kg ha⁻¹ de N + 50 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K; N₄ – 75 kg ha⁻¹ de N + 50 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K.

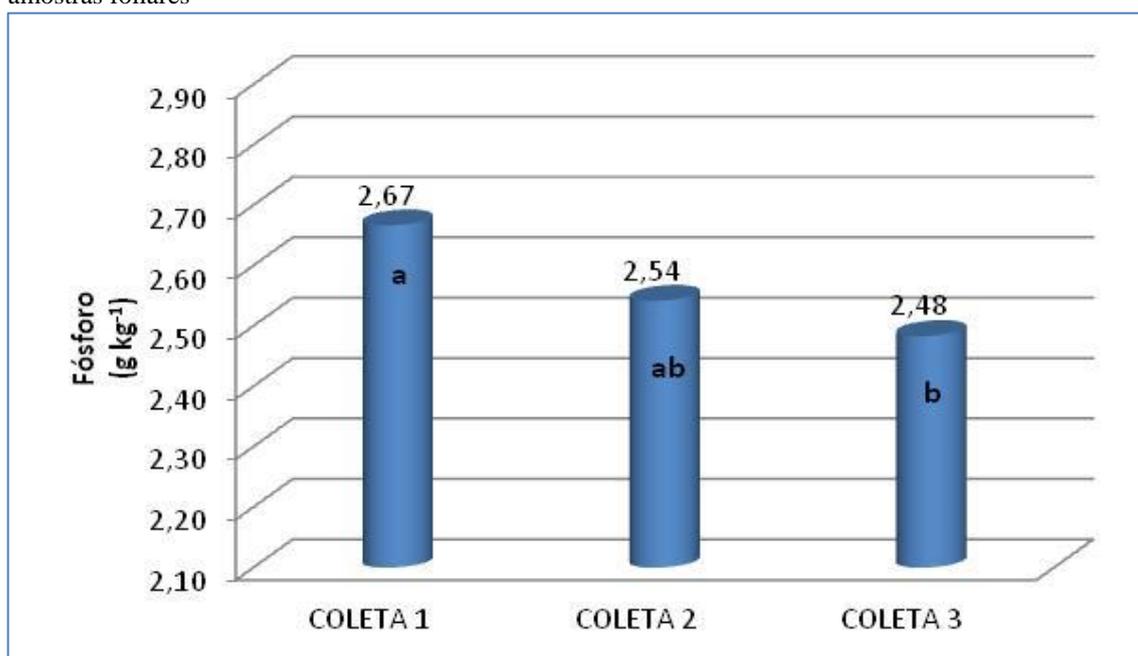
Pode se observar que no tratamento testemunha o teor final foi de 5,2 mg dm⁻³ (Tabela 16). Os maiores valores do teor de matéria orgânica ocorreram nos

tratamentos N₃ e N₄, correspondentes a 100% e 150% das doses de N recomendadas neste experimento. Maiores valores de matéria orgânica em maiores dosagens de N, corroboram com afirmações de Marschner *et al.* (1996) *apud* BRANDÃO *et al.* (2011).

4.6.1.2 Fósforo

Os teores foliares de P foram decrescendo durante a realização das coletas desde 2,67g kg⁻¹ até 2,48g kg⁻¹ (Gráfico 27), tendo estes extremos diferido estatisticamente. Ressalta-se ainda que os valores dos teores foliares de P encontrados neste experimento foram inferiores aos valores encontrado por Laviola & Dias (2008), Lima *et al.* (2011) e Nóbrega (2010).

Gráfico 27 – Teores foliares de fósforo na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares



Fonte: Carvalho (2010).

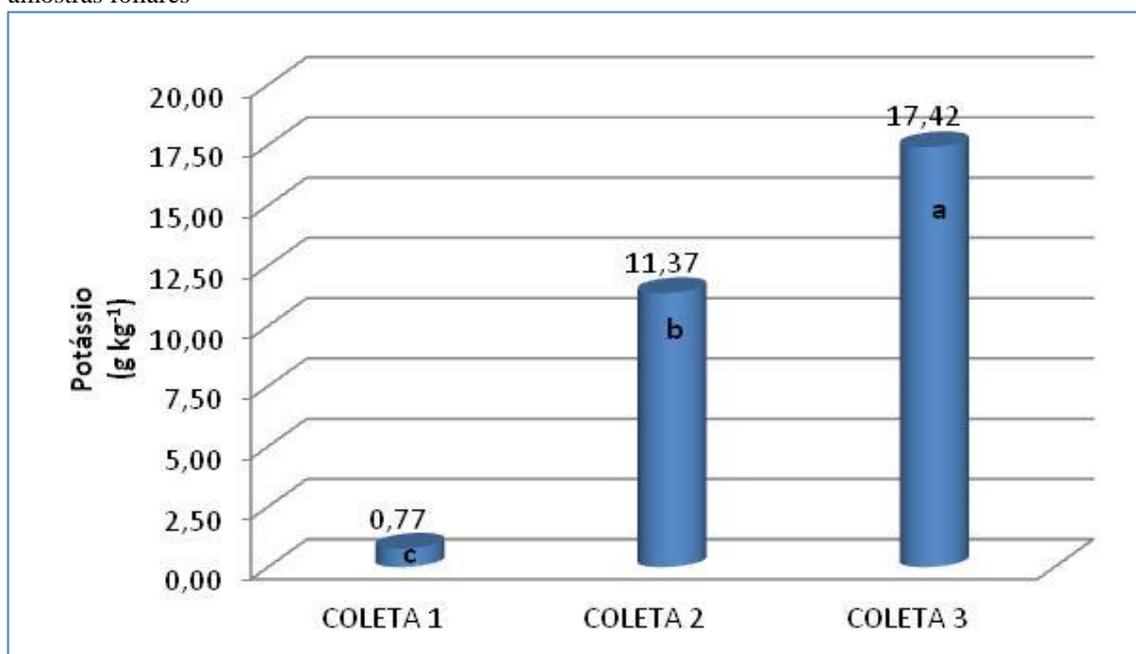
Tal tendência decrescente, provavelmente, deve-se ao contínuo uso do mesmo pela cultura, com a sua redistribuição para as demais partes da planta. Conforme Brandão (2009), o fósforo é um nutriente de alta demanda pelas culturas, pois estimula o crescimento radicular, o florescimento e o desenvolvimento dos frutos. Ressalta o autor, que o fósforo é acumulado nas folhas mais jovens e tende a ter sua concentração reduzida pela redistribuição para os frutos.

Comenta ainda, que o seu teor também é diminuído pela menor atividade radicular durante o período de intenso crescimento dos frutos, que são drenos preferenciais de carboidratos. Desta forma, os resultados aqui obtidos comprovam as afirmações de Brandão (2009) e de Laviola & Dias (2008).

4.6.1.3 Potássio

Os teores foliares de K foram crescentes durante a realização das coletas e alcançando o valor mais alto na 3ª coleta realizada após a produção da cultura ($17,42\text{g kg}^{-1}$), sendo que os valores das médias de todas as coletas diferenciaram-se entre si (Gráfico 28).

Gráfico 28 – Teores foliares de potássio na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares



Fonte: Carvalho (2010).

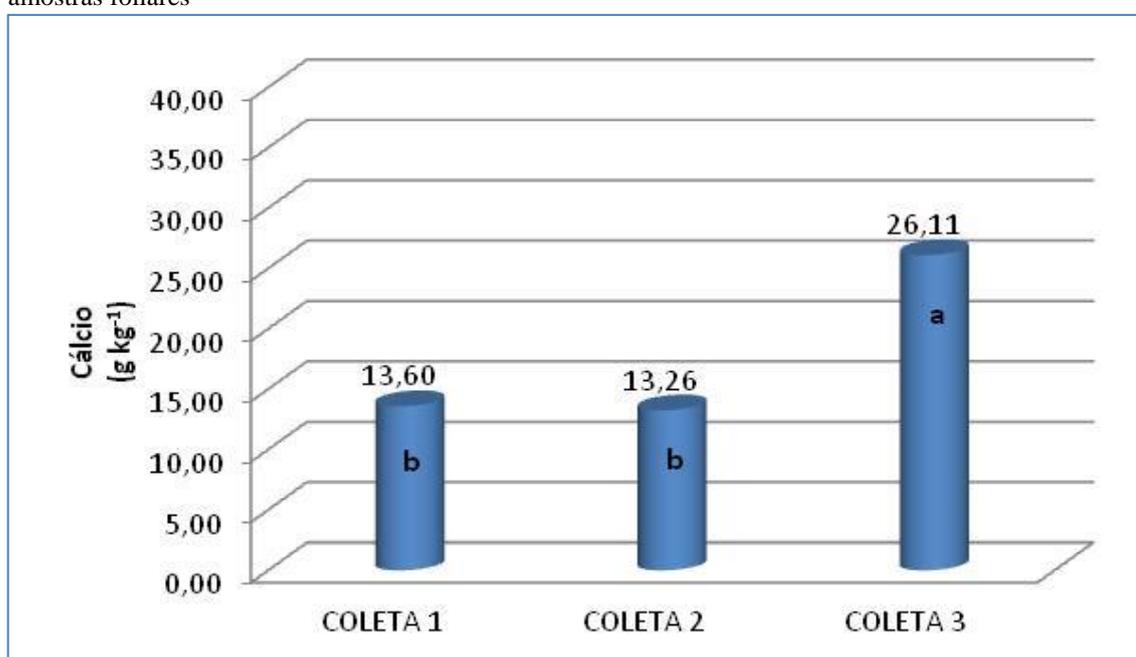
Os valores médios dos teores foliares de K encontrados neste experimento foram inferiores aos valores encontrado por Laviola & Dias (2008), Nóbrega (2010) e Lima Júnior (2011), porém superiores ao encontrado por Lima *et al.* (2011).

Provavelmente, valores mais elevados de potássio ao longo do tempo podem ter ocorrido devido a um suprimento maior do que o necessário para o 1º ciclo de produção, onde ocorrem baixas produtividades. Como neste ciclo ocorreu uma menor quantidade de frutos em formação, em comparação com uma condição de plena reprodução (a partir do 3º ciclo), reduzem-se a necessidade de uso do potássio na formação dos frutos.

4.6.1.4 Cálcio

Os teores foliares de Ca foram mais altos na 3ª coleta realizada após a produção da cultura ($26,11\text{ g kg}^{-1}$) diferenciando-se assim dos teores obtidos na 1ª e 2ª coleta, $13,60$ e $13,26\text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Gráfico 29). Entretanto, os valores médios dos teores foliares de Ca encontrados neste experimento foram inferiores aos valores encontrado por Laviola & Dias (2008) e Lima *et al.* (2011).

Gráfico 29 – Teores foliares de cálcio na cultura do pinhão manso em função da época de coleta de amostras foliares



Fonte: Carvalho (2010).

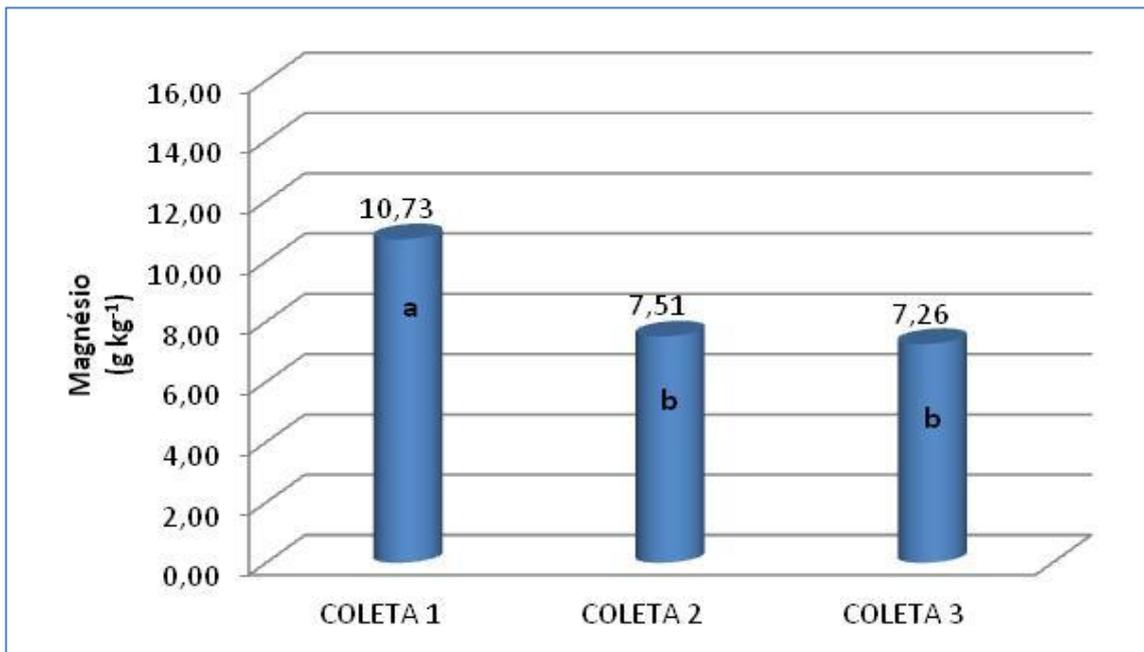
O Ca foi o segundo nutriente mais exigido para a formação das folhas. Isso demonstra que a cultura é exigente em Ca, sendo importante que o solo apresente teores adequados desse nutriente para não limitar seu crescimento e sua produção; resultado semelhante foi observado por Laviola & Dias (2008).

A concentração foliar de Ca apresentou pequenas variações nas duas primeiras coletas, aumentando significativamente na última coleta realizada logo após a produção. O aumento da concentração foliar de cálcio pode ser explicado pela pouca mobilidade desse nutriente no tecido foliar e a não redistribuição para outros órgãos da planta (BRANDÃO, 2009).

4.6.1.5 Magnésio

Os teores foliares de Mg foram mais altos na 1ª coleta realizada antes da implantação dos tratamentos com adubação nitrogenada ($10,73 \text{ g kg}^{-1}$) diferenciando-se assim dos teores obtidos na 2ª e 3ª coleta, $7,51$ e $7,26 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Gráfico 30).

Gráfico 30 – Teores foliares de magnésio na cultura do pinhão manso, em função da época de coleta de amostras foliares



Fonte: Carvalho (2010).

Os valores médios dos teores foliares de Mg encontrados neste experimento foram bem superiores aos valores encontrado por Laviola & Dias (2008).

Os valores de Mg foram decrescentes ao longo do tempo. Tal comportamento foi observado por Valarini (2005), trabalhando com a cultura do café, onde afirma que a medida que os frutos se desenvolvem há um decréscimo da concentração dos macronutrientes nas folhas dos ramos produtivos, com diferente intensidade para cada elemento a exceção do cálcio, que nesse período teve concentração aumentada.

5 CONCLUSÕES

- O potencial mátrico foi decrescendo a medida houve o incremento das lâminas nos diferentes tratamentos com irrigação e foram crescentes na medida em que a fitomassa da planta aumentava
- Com a maior lâmina de água foram alcançados os maiores valores de crescimento e produtividade.
- As doses de nitrogênio aplicadas neste experimento não foram suficientes para influenciar nos tratamentos de crescimento e produtividade da cultura.
- Houve um declínio nos valores da taxa de crescimento relativo em altura e diâmetro caulinar causado pelos fatores climáticos e pelo início da floração e formação de frutos.
- Os maiores valores da eficiência do uso da água na produção de frutos, sementes e albúmen foram encontrados com a menor lâmina aplicada.
- A menor lâmina aplicada foi de 735 mm e cada 2% de aumento deste volume obteve-se um aumento médio de 1% nas variáveis de produtividade.
- Como o semiárido cearense apresenta naturalmente condições de escassez hídrica torna-se viável o cultivo do pinhão manso com a lâmina de 735 mm, uma vez que esta apresenta uma economia de água de 124% em relação a maior lâmina aplicada.
- A ordem de acúmulo de macronutrientes nas folhas, de maneira geral, foi a seguinte: $N > Ca > K > Mg > P$.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, W. G. de. **Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de níveis de água e adubação nitrogenada.** 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola). UFCG. Campina Grande, 2008.
- ALBUQUERQUE, W. G. de; FREIRE, M. A. de O.; BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, C. A. V. de. Avaliação do crescimento do pinhão manso em função do tempo, quando submetido em níveis de água e adubação nitrogenada. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 9, n.2, p. 68-73, 2009.
- ALVES, J. M. A.; SILVA, A. de A. S. R. G. da; LOPES, G. N.; SMIDERLE, O. UCHÔA, S. C. P. Pinhão manso: uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da amazônia brasileira. **Agroambiente on-line**. Boa Vista, v.2, n.1, p.57-68, jan-jun, 2008.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de Pinhão Manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**. Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, jan-abr. 2004.
- AVELAR, R. C.; ARAÚJO, J. C. de; CARVALHO, J. P. F.; ALCÂNTARA, M. J. de; CASTRO, R. P.; DEPERON JÚNIOR, M. A.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Avaliação de acessos de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) do banco de germoplasma da UFLA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007b, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007. p. 17-20.
- AVELAR, R. C.; JUNCO, B. B.; CUNHA, D. F.; ALCÂNTARA, M. J.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Incidência de oídio (*Oidium Heveae*) em acessos do banco de germoplasma de pinhão manso da UFLA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007a, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007a. p. 205-208.
- AVELAR, R. C.; OLIVEIRA, E. L. de; SILVA, F. M. da; FARIA, M. A. de; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Avaliação da biometria e força de desprendimento dos frutos de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) com diferentes doses de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 2754-2762.
- BARROS JÚNIOR, G.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D.; BARROS, A. D.; GUERRA, H. O. C. Influência do estresse hídrico na taxa de crescimento absoluto da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 430-435.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** 2ª. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 7ª. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005, 611p.

BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl.(Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 595-602, 2006.

BICUDO, T. C.; FREIRE, L. M. S.; ALBUQUERQUE, A. R.; DANTAS, M. B.; VASCONCELOS, A. F. F.; ROSENHAIM, R.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Estabilidade e tempo de indução oxidativa do óleo de pinhão manso para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007a. p. 469-472.

BRANDÃO, Z. N. **Estimativa da produtividade e estado nutricional da cultura do algodão irrigado via técnicas de sensoriamento remoto**. 2009. 152 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). UFCG. Campina Grande. 2009.

BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; BEZERRA, J. R. C.; FERREIRA, G. B.; MEDEIROS, J. da C. Macronutrientes no tecido foliar de plantas de algodão em diferentes estádios fenológicos In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. **Anais...** Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.1618-1625.

BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; LIMA, R. de L. S. de; FERREIRA, G. B.; MEDEIROS, J. da C.; HENRIQUE, J. N. D.; SILVA, B. B. da; BELTRÃO, N. E. de M. Teores de macronutrientes no tecido foliar de plantas de algodão em diferentes estádios fenológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7, 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.2058-2065.

CARGNELUTTI FILHO, A; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLZ, A. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.

CARVALHO, M. C. S, FERREIRA, G. B., STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, D.F.: ABRAPA, 2007. 918 p.

CHAVES, L. H. G.; SILVA CUNHA, T. H. C.; BARROS JUNIOR, G.; LACERDA, R. D.; DANTAS JUNIOR, E. E. Zinco e cobre em pinhão manso. 1. Crescimento inicial da cultura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.3, p.94-99, 2009.

DALCHIAVON, F. C.; DALLACORT, R.; COLLETI JÚNIOR, A.; MARTINS, J. A.; SILVA, C. D. da; BACELAR, N. M. Influência das variáveis meteorológicas no desenvolvimento inicial de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 2475-2483.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DIAS, L. A. dos S.; CARVALHO, E. de; GUIMARÃES, L. M. da S.; DIAS, D. C. F. dos S.; LAVIOLA, B. G.; LEME, L. P. Variabilidade genética de pinhão manso plantado na região de Viçosa, MG, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007. p. 297-302.

DOORENBOS, J., KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas (**Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33**), Tradução Gheyi, H. R. e outros. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. FAO 306p. 1994.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Produção de pinhão-manso no Semiárido brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCMBUSTÍVEIS, 1., 2007, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. 1 CD-ROM.

EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C. de; OLIVEIRA, E. L. de; FARIA, M. A. de. Produtividade e rendimento de sementes de pinhão manso submetido à irrigação e adubação com OMM-TECH. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p. 315-323, 2011.

EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C.; OLIVEIRA, E. L.; FARIAS, M. A.; ALVES JÚNIOR, J.; FRAGA, A. C.; CASTRO NETO, P. C. Produtividade de sementes de pinhão manso em resposta à aplicação de diferentes níveis de irrigação e doses de adubação potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 6., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: Universidade Federal de Lavras, 2009. 4121 p.

FARIA, M. A. de; EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C. de; ALVES JÚNIOR, J. Resposta da cultura de pinhão manso à irrigação e à adubação com OMM-Tech. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.1, p. 70-81, 2011.

FERREIRA, A. F.; SANTOS, H. O. dos; SILVA-MANN, R.; PODEROSO, J. C. M.; DANTAS, P. C.; CORREIA-OLIVEIRA, M. E.; LESSA, A. C. V.; RIBEIRO, G. T. Avaliação do efeito do extrato aquoso da semente e folha do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em abelhas *Trigona spinipes* (Hymenoptera: Apidea). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007. p. 21-24.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potencial and perspectives of *Jatropha* plantations. **Natural Resources Forum**, New York, v.29, p.12-24, 2005.

FREIRE, L. M. S.; BEZERRA, L. E.; DANTAS, M. B.; ROSENHAIM, R.; BICUDO, T. C.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Estudo termo-oxidativo e caracterização físico-química do biodiesel de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007. p. 125-129.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (Org.). **Irrigação**. Piracicaba, SP: FUNEP, 2003. p. 573-651. (Série Engenharia Agrícola, 2).

GUIMARÃES, A. de S. **Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes**. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em agronomia). UFPB. Areia, 2008.

LACERDA, R. D. de; GUERRA, H. O. C.; BARROS JÚNIOR, G. Influência do déficit hídrico e da matéria orgânica do solo no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu. **Revista brasileira de ciências agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 440-448, 2009.

LAIME, E. M. O.; FREIRE, E. de A.; VERAS, R. P.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, D. C. de S. Desenvolvimento de pinhão manso em função de diferentes lâminas de irrigação com água superficial poluída. **Revista educação agrícola superior**, Brasília, v.24, n.2, p. 107-111, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: PRADO, C. H. B. A. São Carlos, SP: RIMA, 2000. 531p.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.1969-1975, 2008.

LIMA JÚNIOR, L. A. de. **Crescimento inicial do pinhão manso em função de suspensões hídricas e doses de potássio**. 2011. 59p. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola). UFC. Fortaleza, 2011.

LIMA, R. L. S. de; SEVERINO, L. S.; CAZETTA, J. O.; AZEVEDO, C. A. V. de; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão manso entre estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p.1175–1179, 2011.

NÓBREGA, J. A. **Crescimento e produção do pinhão manso adubado e irrigado com água salina sob condições de campo**. 2010. 69p. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola). UFCG. Campina Grande, 2010.

NUNES, C. F.; PASQUAL, M.; SANTOS, D. N. dos; CUSTÓDIO, T. N.; ARAÚJO, A. G. de. Diferentes suplementos no cultivo in vitro de embriões de pinhão manso. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 9-14, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, I. S. de; CAVALCANTE, F. de S.; CARVALHO, E. X. de; SOUSA, S. L. de; SILVA, S. M. S. Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Folder**. IPA/DETC: Recife, s/n, p.1-2, jun., 2009.

OLIVEIRA, S. J. C. **Componentes de crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação mineral e da poda**. 2009. 126p. Tese (Doutorado em agronomia). UFPB. Areia, 2009.

PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel**: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003. 66p.

PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. dos S.; DIAS, L. A. dos S. Germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes temperaturas e substratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007. p. 185-188.

PINHÃO MANSO. Colheita e beneficiamento do pinhão manso. **PinhãoManso**. Disponível em: <http://www.pinhaomanso.com.br/jatropha_curcas/pinhao_manso/colheita.html>. Acesso em: 20 abr. 2012.

RATREE, S. A. Preliminary study on physic nut *Jatropha curcas* in thailand. **Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 9, p. 1620-1623, 2004.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2.ed. Baruei: Manole, 2004. 477p.

ROZA, F. A. **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica**. 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal). UESC. Ilhéus, 2010.

SANTOS, C. M. dos. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de Alagoas**. 2008. 79p. Dissertação (Mestrado em agronomia). UFA. Rio Largo, 2008.

SANTOS, D. N.; SANTOS, A. M.; NUNES, C. F.; ARAÚJO, A. G.; PASQUAL, M. Efeito de tratamentos físicos no crescimento de plântulas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007a. p. 109-112.

SANTOS, H. O. dos; SILVA-MANN, R.; COSTA, M. de J. C.; GOIS, I. B.; SANTOS, A. R. F. dos; NUNES, F. B. da S.; CARVALHO, S. V. A. Embebição e germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007b. p. 141-144.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão manso (*Jatrofa curcas* L.). **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SAUSEN, T. L., **Respostas fisiológicas de *Ricinuns communis* à redução da disponibilidade hídrica no solo**. 2007. 87p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal). UFRGS. Porto Alegre, 2007.

SEVERINO, L. S., FERREIRA, G. B., MORAES, C. R. de A., GONDIM, T. M de S., FREIRE, W. S de A., CASTRO, D. A. de, CARDOSO, G. D., BELTRÃO, N. E de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 563-568, Abril 2006b.

SEVERINO, L. V.; LIMA, R. de L. SILVA de; BELTRÃO, N. E. de M. Germinação e crescimento inicial de plântulas de pinhão manso em função do peso da semente. **Comunicado técnico**. Campina Grande, n.309, p.1-4, dez., 2006a.

SILVA, A. N. da. **Produção do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, de níveis de água e da seletividade de herbicidas.** 2010. 87p. Dissertação (Mestrado em ciências). ESALQ/USP. Piracicaba, 2010.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. Análise de crescimento de comunidades vegetais. **Circular técnica 34.** EMBRAPA: Campina Grande, n.34, p.1-18, 2000.

SILVA, M. B. R.; DANTAS NETO, J.; FERNANDES, P. D.; FARIAS, M. S. S. de. Cultivo de pinhão manso sob condições de estresse hídrico e salino em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 9, n.2, p. 74-79, 2009a.

SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIÉGAS, R. A. Crescimento e produção do pinhão manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p. 621-629, 2011.

SILVA, M. B. R.; NERY, A. P.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. de; VIÉGAS, R. A. Produção do pinhão manso, primeiro ano, irrigado com água residuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO MANSO, 1., 2009, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2009b.

SILVA-MANN, R.; SANTOS, H. O. dos; SOUZA, C. R. de; ANDRADE, T. M.; BISPO, M. V. C. Germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) submetidas a estresse salino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT, 2007. p. 189-192.

SOUSA, P. S. de; PORTO FILHO, F. de Q.; MEDEIROS, J. F. de; MESQUITA, T. de O.; OLIVEIRA, C. da S.; ALMEIDA NETO, A. J. de, DIAS, A. F. de S. Eficiência do uso da água pela mamoneira sob diferentes lâminas de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: EMBRAPA, 2008.

SOUSA, V. F. de., COELHO, F., ANDRADE JÚNIOR, A. S., FOLEGATTI, M. V., FRIZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; FRIZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; OLIVEIRA, F. das C. Frequência de irrigação por gotejamento na eficiência do uso da água no meloeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.214-216.

SOUZA, C. C. de. **Avaliação de métodos de determinação de água disponível em diferentes solos na cultura do algodoeiro herbáceo.** 1999. 84p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal). UFPB. Areia, 1999.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALARINI, V. Demanda de macronutrientes pelas folhas e frutos em cultivares de café arábica de porte baixo. 2005. 87p. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical e subtropical). Instituto Agronômico. Campinas, 2005.

VALNIR JÚNIOR, M. **Melão tipo exportação sob diferentes lâminas de água e frequência de irrigação**. 2007. 136p. Tese (Doutorado em engenharia agrícola). UFCG. Campina Grande, 2007.