



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



# PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

## Tese de Doutorado

COMPORTAMENTO DO PINHAO-MANSO  
SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA LÂMINAS  
DE IRRIGAÇÃO E COBERTURA DO SOLO

JORGE ALVES DE SOUSA

Campina Grande  
Paraíba



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



**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DOUTORADO**

**COMPORTAMENTO DO PINHÃO-MANSO SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA,  
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E COBERTURA DO SOLO**

**TESE**

**JORGE ALVES DE SOUSA**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA  
ABRIL, 2010**

**JORGE ALVES DE SOUSA**

*BACHAREL EM ESTATÍSTICA*

**COMPORTAMENTO DO PINHÃO-MANSO SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA,  
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E COBERTURA DO SOLO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em cumprimento às exigências para obtenção do título de **Doutor** em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: **IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

ORIENTADOR:

**PROF. Ph.D. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA**

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

Abril, 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S725c

Sousa, Jorge Alves de

Comportamento do Pinhão-Manso / Jorge Alves de Sousa. —  
Campina Grande, 2010.

105 f. : il. color

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

Referências.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra.

1. Pinhão - Manso 2. Tratamentos Adicionais 3. Reposição da  
Evaporação 4. Eficiência do Consumo de Água I. Título.

CDU 662.739 (043)

**DIGITALIZAÇÃO:**

**SISTEMOTECA - UFCG**



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DO DOUTORANDO

**JORGE ALVES DE SOUSA**

COMPORTAMENTO DO PINHÃO-MANSO SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA, LÂMINAS  
DE IRRIGAÇÃO E COBERTURA DO SOLO

BANCA EXAMINADORA

**Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra – Orientador**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

**Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo – Examinador**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

**Dr. Adilson David de Barros - Examinador**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

**Dr.ª Soahd Arruda Rached Farias - Examinadora**

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

**Dr. Heretiano Gurjão Filho - Examinador**

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

PARECER

Aprovado

Aprovado

APROVADO

APROVADO

APROVADO

Abril, 2010

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a DEUS, POR ME TER  
DADO MUITO MAIS DO QUE MEREÇO.

**MINHA HOMENAGEM**

## AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão a Deus, Pai Eterno, de forma muito especial, por me fortalecer em todas as etapas deste trabalho.

A meu pai, João Alves de Sousa (*in memoriam*), homem de pouco estudo, maior incentivador dos meus primeiros passos e admirador da educação.

A toda minha família, pelo incentivo, e em especial a minha esposa, Inalda Clemente Pereira, pela compreensão nos momentos difíceis, e a minha mãe, Maria Salete Alves de Sousa, pelo amor com que regou a minha vida e compreensão da minha ausência.

Ao professor e orientador Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela amizade, companheirismo e conhecimentos transmitidos.

À coordenação, professores e funcionários UAeg de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Ao funcionário Walter, da Escola Agrícola Evaldo Gonçalves – Sumé, PB, pelo empenho no desenvolvimento e acompanhamento da parte experimental.

A todos os amigos da turma, pela amizade, incentivo e reconhecimento da importância deste trabalho, sem citação de nomes para não cometer injustiças.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	xvi
<b>RESUMO</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	03
2.1 Objetivo Geral.....	03
2.2 Objetivos específicos .....	03
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	04
3.1 Descrição da planta .....	04
3.1.1 Descrição botânica.....	05
3.1.2 Variedades .....	07
3.1.3 Origem e distribuição .....	07
3.1.4 Características climáticas para o cultivo .....	08
3.2 Cobertura do solo .....	08
3.3 Adubação orgânica .....	10
3.3.1 Características dos adubos orgânicos .....	11
3.4 Necessidades hídricas da cultura .....	21
3.5 Avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas .....	23
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
4.1. Localização e características da área experimental.....	24
4.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	24
4.3. Coleta, amostragem e características físicas e químicas do solo .....	27
4.4. Adubação .....	29
4.5. Produção das mudas e instalação do experimento .....	29
4.6. Manejo da irrigação .....	30
4.7. Controle de pragas e ervas daninhas .....	33
4.8. Variáveis de crescimento mensuradas .....	33
4.8.1. Altura de Plantas (AP) e Diâmetro caulinar (DC).....	33
4.8.2. Área Foliar (AF) .....	34
4.8.3. Taxas de Crescimento Absoluto em Altura e do Diâmetro Caulinar .....	34



4.8.4. Taxas de Crescimento Relativo da Altura e do Diâmetro Caulinar .....	35
4.8.5. Fitomassa da parte aérea da planta .....	35
4.8.6. Fitomassa e comprimento das raízes .....	35
4.8.7. Eficiência do uso de água .....	36
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
5.1. Altura da planta (AP) .....	37
5.2. Taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCA AP) .....	44
5.3. Taxa de crescimento relativo da altura da planta (TCR AP).....	49
5.4. Diâmetro Caulinar (DC).....	53
5.5. Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCA DC) .....	60
5.6. Área foliar (AF).....	65
5.7. Fitomassa da parte aérea e radicular da planta .....	74
5.8. Comprimento da raiz .....	78
5.9. Disponibilidade e eficiência do uso de água .....	81
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>87</b>
<b>8. APÊNDICES .....</b>	<b>102</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), potássio (K <sub>2</sub> O) e relação carbono/nitrogênio (C/N) de esterco de animais (teores na matéria seca).....	17
<b>Tabela 2.</b>	Índices de eficiência de estercos.....	20
<b>Tabela 3.</b>	Causas de variação e graus de liberdade na análise de variância.....	27
<b>Tabela 4.</b>	Características químicas do solo utilizado no experimento.....	28
<b>Tabela 5.</b>	Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento.....	28
<b>Tabela 6.</b>	Resumo de análise de variância para altura do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	38
<b>Tabela 7.</b>	Médias para a variável altura de plantas do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	39
<b>Tabela 8.</b>	Resumo da análise de regressão para altura de planta do pinhão-manso (cm) aos 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	39
<b>Tabela 9.</b>	Resumo do teste de Scheffé para altura do pinhão-manso (cm) aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	44
<b>Tabela 10.</b>	Resumo de análise de variância para taxa de crescimento absoluto da altura do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	45
<b>Tabela 11.</b>	Médias para a variável taxa de crescimento absoluto de plantas do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB – 2009.....	46

<b>Tabela 12.</b>	Resumo da análise de regressão para a taxa crescimento absoluta da altura do pinhão-manso (cm) aos 60-90, 90-120 e 120-150 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	47
<b>Tabela 13.</b>	Resumo de análise de variância para taxa de crescimento relativo da altura do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	51
<b>Tabela 14.</b>	Médias para a variável taxa de crescimento relativo de plantas do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	52
<b>Tabela 15.</b>	Resumo da análise de regressão para taxa de crescimento relativo da altura do pinhão-manso (cm) no período 60-90 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	52
<b>Tabela 16.</b>	Resumo de Análise de variância para o diâmetro caulinar do pinhão-manso (mm) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	55
<b>Tabela 17.</b>	Médias para variável diâmetro caulinar do pinhão-manso (mm) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	56
<b>Tabela 18.</b>	Resumo da análise de regressão para variável diâmetro caulinar do pinhão-manso (cm) aos 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	56
<b>Tabela 19.</b>	Resumo do teste de Scheffé para o diâmetro caulinar do pinhão-manso (mm) nos períodos de 120, 150, 180 e 210 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	57

<b>Tabela 20.</b>	Resumo de análise de variância para taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante, submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	61
<b>Tabela 21.</b>	Médias para a variável taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	62
<b>Tabela 22.</b>	Resumo da análise de regressão para a taxa absoluta do diâmetro caulinar do pinhão-manso (mm) nos períodos de 90-120 e 120-150 dias após o transplante, submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	63
<b>Tabela 23.</b>	Resumo de Análise de variância para área foliar do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	66
<b>Tabela 24.</b>	Médias para a variável área foliar do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	64
<b>Tabela 25.</b>	Resumo da análise de regressão para a área foliar do pinhão-manso aos 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	68
<b>Tabela 26.</b>	Resumo do teste de Scheffé para a área foliar do pinhão-manso (mm) nos períodos de 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	69
<b>Tabela 27.</b>	Resumo de Análise de variância da fitomassa do pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	74

<b>Tabela 28.</b>	Médias da fitomassa da parte aérea e raízes do pinhão-mansoso aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	75
<b>Tabela 29.</b>	Resumo da análise de regressão para fitomassa do pinhão-mansoso submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	75
<b>Tabela 30</b>	Resumo do teste de Scheffé para o contraste de médias da fitomassa do pinhão-mansoso submetidos a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	77
<b>Tabela 31.</b>	Resumo de análise de variância para o comprimento da raiz do pinhão-mansoso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB,- 2009.....	78
<b>Tabela 32.</b>	Médias do comprimento das raízes do pinhão-mansoso aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	79
<b>Tabela 33.</b>	Resumo da análise de regressão para o comprimento da raiz do pinhão-mansoso submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	79
<b>Tabela 34.</b>	Resumo do teste de Scheffé para o contraste de médias da raiz do pinhão-mansoso submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB , 2009.....	80
<b>Tabela 35.</b>	Resumo da análise de variância para eficiência do uso de água do pinhão-mansoso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	82
<b>Tabela 36</b>	Resumo do teste de Scheffé para eficiência do consumo de água do pinhão-mansoso ( $gl^{-1}$ ) aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	84

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Caracterização do pinhão-manso.....	05
<b>Figura 2.</b>	Frutos e sementes do pinhão-manso.....	06
<b>Figura 3.</b>	Localização do experimento: Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido/UFCG, Sumé, PB (2009).....	24
<b>Figura 4.</b>	Visão frontal da área experimental localizada no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido/UFCG, Sumé, PB (2009).....	25
<b>Figura 5.</b>	Croqui do experimento instalado no interior da estufa agrícola.....	26
<b>Figura 6.</b>	Transplante de mudas de pinhão-manso na estufa localizada no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido/UFCG, Sumé, PB (2009).....	30
<b>Figura 7.</b>	Tanque classe A, instalado no ambiente interno da estufa agrícola.....	31
<b>Figura 8.</b>	Tratamento com cobertura plástica do solo.....	31
<b>Figura 9.</b>	Variação da altura do pinhão-manso aos 90 DAT, em função das lâminas de irrigação(L), em Sumé, PB.....	40
<b>Figura 10.</b>	Variação da altura do pinhão manso aos 120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	41
<b>Figura 11.</b>	Variação da altura do pinhão manso aos 150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	41
<b>Figura 12.</b>	Variação da altura do pinhão-manso aos 180 DAT, em função das lâminas de irrigação(L), em Sumé, PB.....	42
<b>Figura 13.</b>	Variação da altura do pinhão-manso aos 210 DAT, em função das lâminas de irrigação(L), em Sumé, PB.....	42
<b>Figura 14.</b>	Variação da altura do pinhão-manso aos 247 DAT, em função das lâminas de irrigação(L), em Sumé, PB.....	43
<b>Figura 15.</b>	Variação da taxa de crescimento absoluto da altura do pinhão-manso no período de 60-90 DAT, em função das lâminas de irrigação(L), em Sumé, PB.....	48
<b>Figura 16.</b>	Variação da taxa de crescimento absoluta da altura do pinhão-manso no período de 90-120 DAT, em função das lâminas de irrigação(L), em Sumé, PB.....	48

<b>Figura 17.</b>	Variação da taxa de crescimento absoluta da altura do pinhão-manso no período de 120-150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	49
<b>Figura 18.</b>	Variação da taxa relativa de crescimento da altura do pinhão-manso no período de 60-90 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	53
<b>Figura 19.</b>	Variação do diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	58
<b>Figura 20.</b>	Variação do diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	58
<b>Figura 21.</b>	Variação do diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 180 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	59
<b>Figura 22.</b>	Variação do diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 210 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	59
<b>Figura 23.</b>	Variação do diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	60
<b>Figura 24.</b>	Variação da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-manso no período de 90-120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	64
<b>Figura 25.</b>	Variação da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-manso no período de 120-150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	64
<b>Figura 26</b>	Variação da área foliar do pinhão-manso para os períodos que apresentaram significância estatística em função da cobertura do solo e das lâminas de irrigação.....	70
<b>Figura 27.</b>	Variação da área foliar do pinhão-manso aos 90 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	70
<b>Figura 28.</b>	Variação da área foliar do pinhão manso aos 120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	71
<b>Figura 29.</b>	Variação da área foliar do pinhão manso aos 150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	71
<b>Figura 30.</b>	Variação da área foliar do pinhão manso aos 180 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	72

<b>Figura 31.</b>	Varição da área foliar do pinhão-mansão aos 210 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	72
<b>Figura 32.</b>	Varição da área foliar do pinhão-mansão aos 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	73
<b>Figura 33.</b>	Varição da fitomassa da parte aérea do pinhão-mansão 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	76
<b>Figura 34.</b>	Varição da fitomassa (raízes) do pinhão-mansão 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	77
<b>Figura 35.</b>	Varição do comprimento da raiz do pinhão-mansão 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	80
<b>Figura 36.</b>	Lâminas de irrigação aplicadas para os diferentes tratamentos.....	81
<b>Figura 37.</b>	Varição da eficiência de consumo de água do pinhão-mansão em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB.....	83



## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice 1.</b>	Tabela de médias para altura de plantas do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	102
<b>Apêndice 2.</b>	Tabela de médias para taxa de crescimento absoluto de plantas do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	102
<b>Apêndice 3.</b>	Tabela de médias para taxa de crescimento relativo de plantas do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	103
<b>Apêndice 4.</b>	Tabela de médias para o diâmetro caulinar do pinhão-manso (mm) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	103
<b>Apêndice 5.</b>	Tabela de médias para taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	104
<b>Apêndice 6.</b>	Tabela de médias para taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	104
<b>Apêndice 7.</b>	Tabela de médias para área foliar do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	105
<b>Apêndice 8.</b>	Tabela de médias para fitomassa da parte aérea, raízes e comprimento da raiz do pinhão-manso aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de nitrogênio, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009.....	105

## RESUMO

A cultura do pinhão-manso se tem destacado em razão das várias aplicações de seu óleo, que se constitui em uma das melhores matérias-primas para fabricação de biodiesel, além de ser a base para diversos produtos industriais. O objetivo da pesquisa foi estudar o comportamento do pinhão-manso quando submetido a diferentes doses de nitrogênio, níveis de irrigação, com e sem cobertura do solo. O experimento foi desenvolvido no período de maio de 2009 a fevereiro de 2010, em estufa agrícola localizada no CDSA/UFCG, Sumé, PB, sob um delineamento experimental de 3 blocos ao acaso, no esquema fatorial com 4 doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg de N/ha), 4 lâminas de água (50, 75, 100 e 125%) e quatro tratamentos adicionais com cobertura do solo (tratamentos de nitrogênio do solo sem cobertura e irrigação do solo coberto baseada no coeficiente de cultura). Para isto, utilizaram-se vasos plásticos com capacidade para 100 kg de solo, nos quais se cultivou uma planta por vaso até os 257 dias após o transplante. Os níveis de reposição de água do solo descoberto foram determinados através do monitoramento diário da evaporação num Tanque Classe A instalado dentro da casa de vegetação. A cada trinta dias mediram-se a altura da planta, o diâmetro caulinar e a área foliar e, ao final do experimento, a fitomassa e o comprimento da raiz. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Scheffé para comparação de médias entre contrastes, além das regressões para os fatores quantitativos. As doses de nitrogênio não tiveram efeito significativo para nenhuma das variáveis avaliadas no período. O aumento das lâminas de água e da cobertura do solo exerceu efeito altamente significativo na altura da planta, diâmetro caulinar, fitomassa e eficiência do consumo de água.

**Palavras-chave:** Pinhão-manso, tratamentos adicionais, reposição da evaporação, eficiência do consumo de água

## ABSTRACT

The *Jathropa curcas* is important because of its oil, one of the best raw materials for biodiesel fabrication and others uses on industry. The objective of the present work was to study the performance of the *Jathropa curcas* to different doses of nitrogen, water regimes with and without mulching. The experiment was conducted from May 2009 to February 2010 on a greenhouse of the CDSA/UFCG at Sumé-PB, under an experimental design with three blocks on a factorial scheme with four doses of nitrogen (0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup>) four water regimes (50, 75, 100 and 125% of the evaporation) and four additional treatments with mulching (nitrogen treatments of the soil without mulching and the irrigation regime of the covered soil, based on the crop coefficient). For this, 60 plastic vases of 100 kg capacity were used to cultivate a plant during 257 days. The reposition levels of water on the soil without mulching were obtained by monitoring daily a Class A pan evaporation, installed inside the greenhouse. Every 30 days were evaluated the plant height, stem diameter and the leaf area, At the end of the experiment were evaluated the total plant phytomass and the root length. The results were submitted to variance analyses, to the Scheffé test for comparison of the contrast means and to regression analyses for the quantitative treatments. The nitrogen doses did not have any significant effect for the evaluated variables. The increase of the soil water and the mulching has significant effect on plant height, stem diameter, phytomass and water use efficiency of the plant.

**Key words:** *Jathropa curcas*, Additional treatments, water evaporation reposition, water use efficiency

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores entraves ao desenvolvimento em larga escala de biocombustíveis, permanece nos elevados custos econômicos em comparação com os combustíveis convencionais. Algumas estimativas mostram os biocombustíveis como duas vezes mais dispendiosos que os combustíveis convencionais (PETROLEUM ECONOMIST, 2005). Custos tendem no entanto a diferir, dependendo: do tipo de biocombustível; do país de proveniência e da tecnologia utilizada, situando-se o Brasil como produtor mais eficiente, em termos de custos. Isto é importante porque os elevados níveis de apoio agrícola prevalentes em muitos países industrializados, têm o poder de sub-valorizar o potencial de produção que os biocombustíveis podem oferecer para os países em desenvolvimento, mais eficiente em termos de custos. A *Jatropha*, por exemplo, é uma das culturas não-alimentares que podem crescer em terras degradadas e produzir três vezes mais combustível por hectare do que a soja (NATURE, 2009), e mais de dez vezes a do milho (JATROPHA, 2009).

Segundo Chagas (2008), a espécie é considerada tóxica em virtude de suas propriedades purgativas, não sendo recomendada para o consumo animal. Além da planta não competir com os alimentos ela é ecologicamente correta pois se trata de uma planta de florestamento ou reflorestamento em áreas degradadas com alta eficiência no sequestro de carbono. Outras vantagens que a semente de pinhão-manso tem em comparação com outras culturas biocombustíveis, está armazenamento, podendo ser armazenada muitos meses antes do beneficiamento, sem estragar, enquanto o dendê, a macaúba e o pequi (que têm alta produção de óleo) devem ser processados em até 24 horas. Chagas, afirma ainda que, não existe zoneamento para a cultura do pinhão encontrado em todo o país, com ocorrência principalmente nos Estados do Nordeste, Minas Gerais, São Paulo e Goiás, A produção comercial deve concentrar-se sobretudo no Centro-Oeste, Norte e no Semiárido, mas não há estudos conclusivos que recomendem quais seriam as regiões mais propícias para o plantio no Brasil.

Dentre os fatores necessários ao crescimento da planta se destaca a água como o fator mais limitante da produtividade agrícola, haja vista atuar nos diversos processos metabólicos, que culminam no desenvolvimento vegetal (TAIZ E ZEIGERM, 2004). Para Roscoe (2008), à medida em que o período de estiagem aumenta, o potencial produtivo do pinhão-manso diminui, pois o período de floração e de frutificação fica menor. Nas regiões com menor ocorrência de chuva a planta pode apresentar bons índices de produtividade sob irrigação.

Além da irrigação, o nitrogênio (N) é um elemento essencial às plantas, haja vista estar presente na composição das biomoléculas mais importantes, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000). Em muitos sistemas de produção a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta, mais do que qualquer outro nutriente.

A demanda por informações sobre a utilização de adubos orgânicos com esterco de animais e compostos, para suprir o N, vem aumentando por se tratar de uma alternativa para minimizar os desequilíbrios ecológicos causados pela adubação intensiva com fertilizantes minerais altamente solúveis (CAVALLARO JÚNIOR, 2006).

Associadas à irrigação e adubação, as práticas que favorecem a manutenção de água com conseqüente redução da evaporação, são componentes importantes de sustentabilidade agrícola. Neste contexto, qualquer prática que permita a cobertura do solo ajudará na redução de perdas de água por evaporação. Segundo GLIESSMAN (2005), uma ampla gama de resíduos animais e vegetais pode ser usada sobre a superfície do solo, como cobertura morta, reduzindo as perdas de água por evaporação e dificultando o desenvolvimento de vegetação indesejável. Materiais normalmente usados incluem plástico, serragem, folhas, palhas, resíduos agrícolas compostados, esterco e resíduos de culturas. Do ponto de vista de conservação de água no solo, Reichardt (1990), considera efetiva uma cobertura morta que reduz substancialmente a evaporação e permite a infiltração da água de chuva o que, segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), torna-a uma prática especialmente recomendada em zonas com baixa precipitação pluviométrica.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento do pinhão-manso na sua fase inicial, em função da lâmina de irrigação, adubação nitrogenada de origem orgânica e cobertura do solo.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Identificar o nível de reposição de água mais satisfatório para o crescimento vegetativo do pinhão-manso em condições de casa de vegetação;
- b) Identificar a dose de nitrogênio mais adequada para o crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso em condições de casa de vegetação;
- c) Avaliar a influência da cobertura do solo no crescimento e desenvolvimento inicial do pinhão-manso.
- d) Verificar as interações entre as lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e cobertura do solo sobre o comportamento da cultura do pinhão-manso.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Descrição da planta

A utilização de árvores e arbustos nas zonas áridas e semiáridas é de vital importância para a população humana nos países em desenvolvimento (BEN SALEM; PALMBERG, 1985). Tentativas estão sendo feitas para promover o cultivo de culturas que, antes, cresciam apenas regionalmente ou eram pouco cultivadas. Existem inquéritos detalhados especialmente para as culturas que se adaptam bem às condições de zonas áridas e semiáridas (DAVIS et al., 1983; WEISS, 1989). A fim de se identificar espécies vegetais relevantes não só para utilização como matéria-prima na indústria mas, também, como fonte de energia, pesquisas foram realizadas abrangendo muitas partes do mundo (NIELSEN et al., 1977; GÜBITZ et al., 1999).

Espécies de plantas que podem ser processadas para fornecer um substituto do combustível diesel têm atraído a atenção de cientistas, sobretudo em regiões de clima temperado e semiárido. Nesta categoria de plantas a *Jatropha curcas* L. tem sido alvo do interesse de diversas agências de desenvolvimento, visto que ela se adapta bem às regiões marginais semiáridas e seu óleo pode ser processado para uso como substituto do combustível para motores a diesel, podendo ela própria ser usada para controlar a erosão. *Jatropha curcas* L. ou pinhão-manso é uma árvore pequena ou um grande arbusto, possível de atingir a altura de até 5 metros; pertence à família Euphorbiaceae.

O gênero *Jatropha* contém aproximadamente 170 espécies conhecidas. O nome do gênero *Jatropha* deriva do grego iatrós (médico) e trophé (comida), que significa usos medicinais; curcas é o nome comum para “physic nut” em Malabar, Índia; trata-se de uma planta largamente cultivada nos trópicos como cerca viva, uma vez que ela não serve de fonte de pastagem para os animais. Numerosos nomes vernáculos existem para a *jatropha*: physic nut, purging nut (Inglês); pourghère, pignon d’Inde (francês); purgeernoot (holandês); Purgiernuß, Brechnuß (alemão); purgueira (Português); fagiola d’Índia (Italiano); dand barrî, habel meluk (árabe); kanaanaranda, parvataranda (sânscrito); bagbherenda, jangliarandi, safed arand (Hindi); kadam (Nepal); yu-lu-tzu (chinês); sabudam (Tailândia); túbang - Bákod (Filipinas); jarak budeg (Indonésia); bagani (Costa do Marfim); kpoti (Togo); tabanani (Senegal); mupuluka (Angola); butuje (Nigéria); makaen (Tanzânia);

piñoncilo (México); Coquil o, tempate (Costa Rica); tártago (Porto Rico); mundubi-assu, pinhão-manso (Brasil); piñol (Peru) e pinón (Guatemala) (HELLER, 1996 citando MÜNCH, 1986).

### 3.1.1 Descrição botânica

*Jatropha curcas* L., ou pinhão-manso (Figura 1), tem ramos espessos; a árvore possui tronco reto e cinzento ou casca avermelhada, mascarada por grandes manchas brancas, além de folhas verdes com comprimento e largura de 6 a 15 cm, com 5 a 7 lóbulos superficiais; as folhas são dispostas alternadamente.

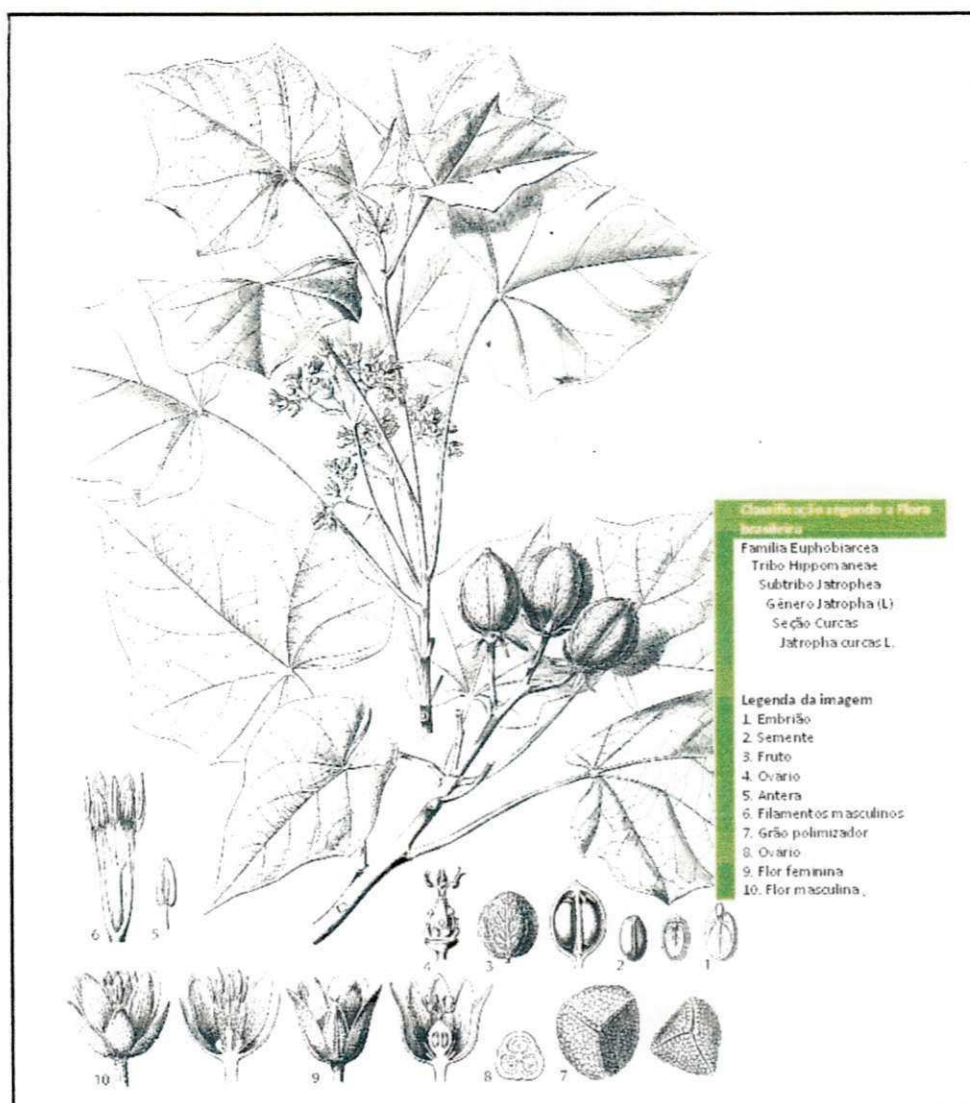


Figura 1 - Caracterização do pinhão-manso



Dormência é induzida por flutuações da precipitação e temperatura/luz mas nem todas as árvores respondem simultaneamente. Em uma cobertura pode-se ter ramificações sem folhas e, próximo a elas, ramos cheios de folhas verdes. Os ramos contêm látex esbranquiçada, que provoca manchas marrons bastante difícil de se removê-las. Normalmente, cinco raízes são formadas a partir de sementes, uma raiz principal e 4 raízes laterais. Plantas de enxerto desenvolvem apenas raízes laterais (DOVE BIOTECH, 2009).

A Figura 2 mostra frutos de semente do pinhão-manso



**Figura 2** – Frutos e sementes do pinhão-manso

As inflorescências, formadas nos terminais dos ramos, são complexas, possuindo principal e coflorescências com paracladia. Botanicamente, isto pode ser descrito como um cyme. As flores são unissexuais e as hermafroditas ocorrem muito ocasionalmente. Dez estames são dispostos em dois verticilos distintos de cinco em cada uma única coluna no andro e/ou nas proximidades de uns dos outros. No gineceu os três estilos finos estão ligados a aproximadamente dois terços do seu comprimento, dilatando ao maciço bifurcado estigma. A polinização da *Jatropha curcas* é feita através de insetos (DEHGAN; WEBSTER, 1979). Após a polinização é formado um fruto trilocular elipsoidal; o exocarpo permanece carnudo até as sementes ficarem maduras. As sementes são pretas e, em média, 18 mm de comprimento e 10 mm de largura. O peso das sementes (por 1000) é de cerca de 727g, e equivale a 1375 sementes por kg em média (Figura 2). O tempo de vida da planta *Jatropha curcas* é de mais de 50 anos (DOVE BIOTECH, 2009).

### 3.1.2 Variedades

São três as variedades mais conhecidas da *Jatropha*, até ao momento; as três variedades são:

**Variedade Cabo Verde:** possui pequenas sementes com peso de 1000 sementes, igual a 682 g; o comprimento das sementes é de cerca de 16,8 mm; esta variedade é encontrada em quase todos os países do mundo, com exceção da América Central.

**Variedade Nicarágua:** esta variedade é diferente da Cabo Verde, essa virtude de possuir muito mais folhas, de forma mais arredondada, e peso de 1000 sementes aproximado de 878 g, o comprimento das sementes é de cerca de 20,3 mm.

**Variedade Não tóxica Mexicana:** com peso de 1000 sementes entre 524 g e 901 g. Esta variedade, considerada não tóxica, existe no México, na zona em redor de Misantla, Veracruz, e é muito apreciadas pela população e como alimento, depois de torradas as sementes, as quais não contém Phorbol ésteres. Makkar et al. (2009) relatam que as variedades comestíveis (não-tóxicas) de *J. curcas* não estão restritas apenas ao Estado de Veracruz México mas são também encontradas no estado de Quintana Roo. As sementes coletadas do estado de Quintana Roo parecem ser de melhor qualidade visto que os níveis de proteína, lipídios e cinzas, são mais altos e os fatores antinutricionais e tóxicos mais baixos na maioria das amostras estudadas. Torrar as sementes, como é utilizado pelos agricultores, não inativa completamente a atividade lectin e, por conseguinte, o consumo dessas sementes em altas quantidades pode causar efeitos adversos.

### 3.1.3 Origem e distribuição

Cientistas têm tentado definir a origem da *Jatropha*, mas a fonte permanece controversa. Portanto, *Jatropha curcas* L. parece ser nativa da América Central ou do México, ela ocorre naturalmente nas florestas de regiões costeiras (APONTE, 1978). A partir do Caribe, esta espécie foi distribuída, provavelmente, pelos portugueses marítimos, através das Ilhas de Cabo Verde e Guiné, ex-portuguêsas (atual Guiné-Bissau) para outros países da África e da Ásia. Hoje, é cultivada em quase todos os países tropicais e

subtropicais, utilizada como cerca viva de jardins e campos, uma vez que não é consumida por animais.

### **3.1.4 Características climáticas para o cultivo**

Tal como muitas outras espécies de *Jatropha*, o pinhão-mansão é suculento e derruba suas folhas durante a estação seca. É, portanto, melhor adaptada às zonas áridas e semiáridas. A atual distribuição do pinhão-mansão mostra que sua introdução tem sido melhor sucedida em regiões secas dos trópicos com uma média anual de precipitação entre 300 e 1000 mm. Em que bons exemplos são Cabo Verde e Mali (HELLER, 1996).

Ela tolera temperaturas anuais no intervalo de 18-28°C ou superiores mas é suscetível ao frio e nevoeiro. Para a emergência das sementes, climas quentes e úmidos são preferidos. A floração é induzida na estação chuvosa e o amadurecimento dos frutos, no inverno. A folhagem cai com a queda da temperatura durante o inverno e cresce com a subida no verão. A *Jatropha* possui mecanismos adaptativos muito fortes para resistir às variáveis climáticas. Ela pode tolerar variações extremas de temperatura mas não a geada. A geada causa danos às plantas, enquanto altas temperaturas afetam negativamente a produtividade. Sugere-se, portanto, que as áreas com baixa temperatura enfrentando geadas não devem ser destinadas ao cultivo da *Jatropha* em razão dos seus efeitos negativos sobre o crescimento e danos à plantação, até que variedades resistentes/tolerantes sejam identificadas

### **3.2 Cobertura do solo**

Inibir a evaporação da água dos reservatórios ou da água adicionada por meio da irrigação, pode evitar o aumento da concentração salina e reduzir a quantidade de sais precipitados na superfície do solo, respectivamente. A técnica comumente aplicada com este fim, é o uso de cobertura morta, a qual consiste de uma camada constituída de restos de vegetais da própria propriedade rural postas sobre a superfície do solo.

Stamets e Chilton (1983) afirmam que essa camada protege o substrato colonizado contra a perda de água, favorece a formação de microclima úmido, serve como reservatório de água para os cogumelos em crescimento e favorece o desenvolvimento de micro-organismos benéficos à frutificação.

Ao sofrer decomposição a cobertura do solo pode fornecer nutrientes essenciais às plantas (CADAVID et al., 1998). Por reduzir as perdas de água do solo por evaporação, promove o crescimento do sistema radicular na camada superficial e reduz as flutuações de temperatura do solo (GILL et al., 1996).

Depois de incorporada ao solo a camada de cobertura morta aumenta a capacidade de água disponível no solo, a qual é determinada pela diferença entre a quantidade de água à capacidade de campo e ao ponto de murcha permanente (STEWART, 1994). Dados da FAO apontam redução de até 30% na taxa de evaporação do solo quando submetidos à proteção, comparado ao solo descoberto (STANGHELLINI, 1993).

A proteção do solo minimiza a emergência de ervas daninhas, que bloqueia a luz solar necessária à sua germinação e controla a erosão do solo, devido à sua interferência na redução da velocidade do escoamento superficial (runoff) e do impacto das gotas de água das chuvas.

O uso de camadas com espessura superior a 5,0 cm retém mais água e proporciona melhor proteção do substrato contra ressecamento, permite também maior absorção de água pelo cogumelo, promove o aumento no número de cogumelos e a redução do seu tamanho e da sua biomassa seca. Em ambientes com menor controle das condições ambientais, é recomendado o uso de camadas de cobertura mais espessa (HAYES et al., 1978; MACCANNA, 1984).

O uso da cobertura morta, como camada protetora, provoca modificações nos efeitos do clima local sobre o solo. Uma larga variedade de materiais naturais e sintéticos pode ser utilizada com a função de proteger o substrato; dentre os mais comuns citam-se:

- a) Resíduos orgânicos: aparas de capim, folhas, feno, forragem, palha, serragem, pó de serra, cavaco e/ou lascas de madeira, fibra de papel, papelão, cartolina, lã etc.;
- b) Compostos: substituem o material resultante da compostagem onde as ervas daninhas foram eliminadas ou então a cobertura morta favorece a produção de erva daninha;
- c) Cobertura plástica: as plantas crescem por entre as fendas existentes no plástico; este método é o predominante em plantio em larga escala: o uso do plástico na

agricultura é apontado como problema ambiental devido principalmente à sua relativa resistência à biodegradação;

- d) Lençol orgânico: vários materiais biodegradáveis foram desenvolvidos para substituir a cobertura plástica;
- e) Resíduos minerais: rocha, cascalho, areia etc. podem ser utilizados como cobertura para a proteção do solo.

Santos et al. (2002) observaram que o uso de proteção do solo com casca de café, proporcionou aumento linear no número de folhas emitidas por planta, na área foliar e na produção de biomassa seca do caruru de mancha. O uso de proteção do solo, com filme plástico (polietileno preto) aumentou a área foliar, fitomassa seca da parte aérea e taxa de crescimento relativo do melão (IBARRA et al. 2001).

Usando cobertura plástica como proteção do solo, Silva (2005) notou maior facilidade de controle das ervas daninhas e melhor aproveitamento da água de irrigação, em virtude da menor taxa de evaporação reduzindo, assim, o consumo de água.

A cobertura viva também pode ser utilizada como forma de proteção do solo e para desempenhar função semelhante à cobertura morta. Uma árvore que apresenta crescimento mais rápido que outra cultura, por exemplo, poderá atuar, protegendo-a contra a incidência da radiação solar direta. Esse tipo de proteção faz com que a planta protegida se submeta às menores flutuações de temperatura e perca menor quantidade de água por transpiração, fato este que lhe proporcionará melhores condições de desenvolvimento e produção.

### **3.3 Adubação orgânica**

Nos últimos anos, o emprego da adubação orgânica vem crescendo gradualmente no Brasil (MOREIRA et. al., 2000). O uso intensivo desse tipo de adubação pode modificar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Gliessman, 2005). De maneira geral, os solos agrícolas são constituídos, em grande parte, pela fração mineral e somente uma pequena porção é representada pela matéria orgânica. O conteúdo de matéria orgânica dos solos merece atenção especial, pois

resulta da decomposição de resíduos animais e vegetais e varia, sobremaneira, com as práticas de manejo agrícola adotadas; além disto, é influenciado diretamente pelas condições edafoclimáticas de cada região.

Para Igue (1984), o efeito favorável da matéria orgânica nas características dos solos, está relacionado à agregação das partículas e à estabilização dos agregados, o que resulta em maior porosidade, aeração e retenção de água. Ao mesmo tempo, este atributo do solo contribui para o fornecimento de nutrientes para as plantas. A decomposição da matéria orgânica nos solos de climas tropicais ou subtropicais ocorre rapidamente, sendo que uma redução expressiva no seu teor afetará negativamente as funções química, física e biológica deste solo, resultando em diminuição na produtividade das culturas (MALAVOLTA et al., 2002).

Diferentes técnicas são utilizadas com a finalidade de manejar a matéria orgânica dos solos, dentre as quais se destacam a preservação dos resíduos agrícolas deixados pelas colheitas e a adição de esterco e/ou de resíduos agroindustriais, práticas que visam elevar, manter ou conservar os teores de matéria orgânica dos solos. Embora certa fração da matéria orgânica dos esterco seja decomposta e liberada no período de um a dois anos, outra fração é transformada em húmus, que é mais estável; sob esta forma, os nutrientes são liberados lentamente. Assim, os componentes do esterco, convertidos em húmus, exercerão influência nos solos, de maneira persistente e duradoura (BRADY, 1989).

Na mesma época os resíduos oriundos da produção de animais em confinamento no Brasil, principalmente suínos, não constituíam fato preocupante, visto que a concentração de animais por unidade de área era pequena. Com a ampliação do sistema de confinamento, o quadro se modificou e, atualmente, a produção de aves e de suínos é considerada pelos órgãos de fiscalização ambiental, quando desenvolvida sem os devidos cuidados com os efluentes, uma das principais atividades agrícolas degradadoras da água e do solo (CORRÊA & CORRÊA, 2003).

### **3.3.1 Características dos adubos orgânicos**

Apesar de a adubação orgânica ser prática milenar, ela passou a fazer parte da legislação de fertilizantes somente a partir de 1982, quando foram criadas as categorias

de fertilizantes orgânicos, simples, compostos e organo-minerais (BRASIL, 1982); no ano de 2004 esta classificação foi atualizada. As categorias criadas foram: adubos simples de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes das plantas; orgânico misto – adubos procedentes da mistura de dois ou mais adubos simples e compostos – adubos obtidos por processos bioquímicos, físico-químicos, industrial, natural ou controlados com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal (BRASIL, 2004).

Em virtude da quantidade cada vez maior de resíduos orgânicos gerados pelas atividades humanas, animal e industrial, o uso agrônômico desses materiais como fonte de nutrientes às plantas e como condicionadores do solo, tem se constituído em alternativa viável, em termos de preservação ambiental (MELO; MARQUES, 2000), conquanto utilizado com critérios técnicos (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

A adição de materiais orgânicos estimula os micro-organismos heterotróficos do solo, que apresentam alguns possíveis efeitos na produção, como: estímulo à biota do solo, fornecimento de nutrientes vegetais, condicionamento das propriedades físicas do solo, estímulo do crescimento das plantas, efeito tampão (químico e biológico), controle térmico e melhoria da retenção de água (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Para Hoffman (2001), os benefícios no uso de esterco animais podem ser assim elencados: melhorias nas propriedades físicas do solo e no fornecimento de nutrientes; aumento no teor de matéria orgânica, melhorando a infiltração da água como também aumentando a capacidade de troca de cátions. Os efeitos, porém, são largamente dependentes da quantidade aplicada por unidade de área e do teor específico, particularmente de metais pesados, que podem apresentar efeitos deletérios.

Segundo Kiehl (1985), a adubação orgânica, quando empregada em quantidades adequadas, reduz a densidade aparente do solo, sendo este efeito imediato, uma vez que a matéria orgânica se junta às partículas minerais do solo, que têm densidade aparente entre 1,2 a 1,4 g cm<sup>-3</sup>, enquanto o esterco tem densidade média entre 0,2 a 0,4 g cm<sup>-3</sup>.

Os efeitos sobre as propriedades físicas dos solos podem ser observados na medida da presença de matéria orgânica. Conforme Kiehl (1993), as principais influências da adubação orgânica estão na melhora da condutividade hidráulica.

A retenção de água no solo é dependente das suas condições físicas e a adubação orgânica, direta ou indiretamente, pode promover maior retenção de água no solo. A forma direta se deve ao efeito da própria capacidade da matéria orgânica em reter água, chegando a 160% de seu volume para materiais humificados. A forma indireta ocorre devido à melhora na estruturação, granulação e proteção da superfície do solo contra a formação de crostas impermeáveis (KIEHL, 1985).

Além dos efeitos benéficos existem estudos que indicam efeitos negativos associados à adição de resíduos orgânicos aos solos. Kiehl (1985) relata que a aplicação de resíduos com alta relação carbono/nitrogênio induz a deficiência de nitrogênio às culturas. Dependendo do cultivar e do método de incorporação utilizado, os resíduos culturais de sorgo podem prejudicar o desenvolvimento da soja e o crescimento da biomassa microbiana do solo (VASCONCELOS, 1999). Em solos com pH elevado, aplicações anuais de altas doses de esterco, principalmente de aves, pode facilitar o encrostamento, a desagregação das partículas pela chuva, reduzir a condutividade hidráulica e favorecer a formação de substâncias serosas repelentes à água, culminando com uma redução na sua capacidade de campo (ANDREOLA et al., 2000a).

Atualmente, o interesse pelo uso de adubos orgânicos vem crescendo gradativamente em áreas maiores e continua sendo prática comum em pequenas propriedades rurais. Embora remonte há mais tempo, Araji et al. (2001) ressaltam que desde o início da década de 40 pesquisas indicam que o esterco animal é um recurso biológico importante, com efeitos no ambiente e benefícios ecológicos, porém os esterco eram considerados recursos dentro da propriedade mas atualmente estão sendo considerados dejetos (RISSE et al., 2001), que necessitam ser tratados para a disposição adequada no solo. A reciclagem de resíduos através de seu uso agrônômico é interessante desde que analisadas suas características, potencial e consequências do uso desses materiais (PREZOTTO, 1992).

Na agricultura orgânica não é permitido o uso de determinados fertilizantes químicos de alta concentração e solubilidade, tais como uréia, superfosfatos, cloreto de potássio e outros.

A produção orgânica vegetal se baseia no uso de esterco como fonte de adubos provenientes de bovinos, equinos, caprinos, suínos, ovinos, aves e coelhos, cuja



composição química varia com o sistema de criação, a idade do animal, a raça e a alimentação (NEVES et al., 2004)

A quantidade de esterco e outros resíduos orgânicos a serem adicionados a determinada área depende, entre outros fatores, da composição e do teor de matéria orgânica dos referidos resíduos, classe textural e nível de fertilidade do solo, exigências nutricionais da cultura explorada e condições climáticas regionais (DURIGON et al., 2002)

Conforme Almeida (1991), a adubação orgânica deve ser baseada nos seguintes aspectos: características das propriedades e o tipo de exploração predominante na região; potencial fertilizante dos resíduos agrícolas, urbanos e industriais disponíveis e o que podem representar esses materiais como fonte de insumos para o aumento da produtividade agrícola. Resultados demonstram que a fertilização orgânica pode contribuir ou ajudar a melhorar a fertilidade dos solos e reduzir os custos de produção de muitas culturas.

O valor fertilizante dos adubos orgânicos é dependente da fração mineral, que é considerada prontamente disponível às plantas e da fração orgânica, que necessita ser transformada enzimaticamente, para disponibilizar os nutrientes nele contido, pelo processo de mineralização (TEDESCO, 1999).

Conforme Quadros et al. (2000), disponibilização de N a partir de resíduos orgânicos garante parte do suprimento inicial demandado pelas culturas de interesse econômico, considerando um material com relação C:N baixa, ou seja, com alta taxa de mineralização.

Em paralelo à utilização de fertilizantes minerais concentrados, o manejo e a utilização adequada de esterco deverão se constituir-se em prática importante em futuros sistemas de produção. O uso adequado de esterco tem sido muito considerado no planejamento de utilização de fertilizantes nos EUA, assunto este um dos mais discutidos na Quarta Conferência Internacional de Agricultura de Precisão (“InfoAg99”). Em 1996, o Conselho de Agricultura, Ciência e Tecnologia dos EUA (CAST) publicou um documento intitulado “Integrated Animal Waste Management”, ao qual se discute o potencial desses materiais, quando utilizados como nutrientes de plantas. Estima-se que 3,55 milhões de toneladas de N, 3,06 milhões de toneladas de fósforo e 3,68 milhões de toneladas de potássio estão em condições de substituir

fertilizantes minerais. Conforme o CAST, em termos percentuais isto significa 29% do N e 68% do P e do K utilizados atualmente como fertilizantes comerciais; não se sabe, entretanto, quanto deste material já está sendo aproveitado de forma eficiente e quanto poderá vir a ser utilizado.

O aproveitamento de dejetos de animais como fertilizante nas áreas de produção agropecuária, é uma alternativa de adubação capaz de reduzir os custos da implantação de lavouras e pastagens e também repor os nutrientes exportados pela colheita ou pastejo. O rebanho brasileiro é composto de aproximadamente 206 milhões de bovinos, 822 milhões de aves, 35 milhões de suínos, 16 milhões de ovinos, 10 milhões de caprinos e 1,6 milhão de bubalinos, segundo o censo realizado em 2006 (IBGE, 2007).

Com base nesses dados é possível estimar a quantidade gerada de esterco no Brasil, porém a quantidade que apresenta potencial de uso na produção de forragem e de grãos depende da concentração desses dejetos em locais de armazenamento (esterqueiras, por exemplo). A quantidade estimada de produção de esterco de aves e suínos, que em geral são criados em regime de confinamento, é de 93 milhões de m<sup>3</sup> (0,1 kg/dia/animal) e 175 milhões de m<sup>3</sup> (15 litros/dia/animal), respectivamente, por ano. Esses dados poderiam ser acrescidos da produção de pelo menos 180 milhões de m<sup>3</sup> por ano de esterco líquido do rebanho bovino, especialmente do leiteiro, havendo em torno de 20 milhões de cabeças ordenhadas (um animal que produz 6 mil litros de leite por ano gera aproximadamente 50 litros de esterco líquido/dia) e apresenta parte de sua produção em regime de confinamento.

Aumento nos teores dos macronutrientes (Ca, Mg, P, K e N) e nos teores de micronutrientes no solo, em especial de Cu e de Zn, tem sido observado em áreas que receberam doses elevadas ou uso prolongado de esterco.

Para calcular a quantidade de esterco a aplicar podem ser adotados, como estratégias principais: a) o nutriente presente em maior quantidade no esterco, com complementação para os demais, através de adubos minerais; b) o nutriente presente em menor nível no solo, para aumentar essa disponibilidade para as plantas; c) a quantidade de nutrientes exportada pela colheita ou pastejo, para que não ocorra diminuição dos níveis do solo para valores deficientes ou, então, o acúmulo para níveis que podem ser prejudiciais às culturas ou significar riscos de contaminação da água e; d) a resposta da cultura às doses de nutrientes, sendo esta estratégia aplicada basicamente ao N

(VARGAS MOTTA, 2005). As principais características dos diversos tipos de esterco são, segundo Embrapa (2006):

- a) Esterco de bovino e de equino: São os mais ricos em fibra; ajudam a desenvolver organismos que são antagonistas de fungos causadores de doença de solo. Uma vaca produz cerca de 15 t de esterco fresco por ano, o que corresponde a aproximadamente, 78 kg de N, 20 kg de  $P_2O_5$ , 93 kg de  $K_2O$  e 35 kg de Ca + Mg;
- b) Esterco de suíno: A composição desse dejetos é variável em razão da quantidade de água que o acompanha, tipo de alimentação e idade dos animais. Este material é caracterizado pela boa qualidade de N e de Zn. Como todos os outros dejetos, devem ser compostados para uso na agricultura;
- c) Esterco de aves: É muito rico em N; este tipo de esterco é aplicado normalmente junto com a maravalha (cama) que é colocada para acomodar frangos de corte aviários. O material, quando bem curtido, apresenta-se farelado, escuro, sem excesso de amônia. A madeira da maravalha se decompõe quase totalmente devido à grande quantidade de nitrogênio do esterco.

A suinocultura e a avicultura intensivas se constituem, em particular, grandes produtoras de proteína animal de alta qualidade. As principais regiões produtoras, Sul, Sudeste, Centro-oeste e Nordeste do Brasil, são, hoje, detentoras de 2,9 milhões de matrizes suínas e 675 milhões de aves, atingindo de 90 a 95% da produção tecnificada, com uma produção de 9,7 milhões de toneladas de carne. A bovinocultura de leite, localizada nas regiões Sudeste (38%), Centro-oeste (17%) e Sul (16%), detém em torno de 85% dos 7,5 bilhões de litros produzidos. Os sistemas de produção são de forma extensiva na sua maioria, nos quais os dejetos são distribuídos aleatoriamente pelos pastos, excetuando-se os confinamentos. Em adição à produção de alimentos, gera-se aproximadamente 1,7 bilhão de toneladas de dejetos ao ano. Independentemente da maneira como são considerados, os dejetos animais apresentam alto risco de poluição do solo e água, quando empregados acima da exigência das culturas, especialmente em termos da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). As rações de suínos e de aves são concentradas e, em função do baixo índice de aproveitamento dos animais, proporcionam dejetos com alta concentração de elementos (KONZEN, 2005).

O conteúdo de nitrogênio dos esterco apresenta uma variação considerável com o passar do tempo e com o tipo e qualidade de forragem fornecida aos animais. A

relação entre os nutrientes frequentemente não atende às exigências das culturas e pastagens. Por último e talvez mais importante a mineralização da fração de nitrogênio orgânico depende da temperatura e do teor de umidade do solo, das práticas de cultivo e do teor de matéria orgânica do solo. Desta forma, constata-se que não é simples controlar a liberação de nitrogênio para as culturas (POWLSON et al., 1989).

A Tabela 1 apresenta os teores de nitrogênio, fósforo e potássio e a relação carbono/nitrogênio (C/N) de esterco de animais.

**Tabela 1** – Teores de nitrogênio (N), fósforo ( $P_2O_5$ ), potássio ( $K_2O$ ) e relação carbono/nitrogênio (C/N) de esterco de animais (teores na matéria seca).

ADUBO	M.O.	N.	$P_2O_5$	$K_2O$	C:N
Esterco de bovinos	57	1,7	0,9	1,4	32:9
Esterco de equinos	46	1,4	0,5	1,7	18:1
Esterco de suínos	53	1,9	0,7	0,4	16:1
Esterco de ovinos	65	1,4	1,0	2,0	32:1
Esterco de aves	50	3,0	3,0	2,0	11:1
Composto orgânico	31	1,4	1,4	0,8	-
Resíduo Urbano	29	1,4	0,2	1,0	-

M.O.: matéria orgânica. Fonte: Adaptado de Kiehl (1985)

A principal reserva de N do solo é a matéria orgânica, com grande significado para o suprimento desse nutriente para as culturas. O N orgânico é mineralizado a amônio que é convertido a  $NO_3^-$ , pela ação de bactérias nitrificantes. O nitrato é de alta mobilidade no solo, principalmente na camada superficial devido à ausência de adsorção e à predominância de cargas negativas no complexo coloidal do solo, decorrente, sobretudo, da presença da matéria orgânica. Diante disto, a forma de  $NH_4^+$  pode ser adsorvida às cargas negativas do solo. Tanto a forma nítrica como a amoniacal são absorvíveis pelas plantas (THICKE, 1993). A curto prazo, a dinâmica do N no solo é difícil de ser prevista. A quantidade de N inorgânico no solo depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de resíduos orgânicos, da relação C:N do solo, da umidade e do pH do solo. Em contrapartida, o teor total de N do solo praticamente não varia a curto prazo ou mesmo no período de alguns anos (RAIJ e BATAGLIA, 1991).

Do ponto de vista da sustentabilidade de sistemas de produção, a aplicação de resíduos orgânicos unicamente como forma de restabelecer o balanço de nutrientes do solo, tornou-se função de menor importância. A sincronia entre a liberação de nutrientes e a necessidade das plantas é o aspecto mais importante (BÜNEMANN et al., 2004).

Além do fornecimento de nutrientes ao solo, Konzen et al. (2005) avaliaram a composição química do solo e o rendimento da matéria seca do feijão, após a aplicação de cama de frango, esterco de bovino e adubação mineral. Com o esterco de frango o solo apresentou teores mais elevados de nutrientes (P, K e Ca) do que os demais fertilizantes similares ao tratamento com adubação mineral.

Os resíduos orgânicos, dependendo da quantidade usada, podem contribuir para a agregação do solo, melhorando a estrutura, a aeração, a drenagem e a capacidade de armazenamento de água (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Vários estudos têm demonstrado a eficiência dos resíduos orgânicos na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e no aumento da produtividade das culturas. Holanda et al. (1982) observaram que a adição de esterco de poedeira ao solo resultou em aumento da CTC, dos teores de Ca e Mg, e reduziu a saturação por alumínio. Ernani e Gianelo (1982), trabalhando com esterco de poedeira, verificaram que ocorreram aumento na disponibilidade de nutrientes, e redução nos teores de alumínio trocável, o que contribuiu para o aumento da produção de matéria seca de aveia. Scherer (2001), analisando a resposta da cultura de milho, a doses combinadas de superfosfato triplo e cama de frango, constataram que esse esterco pode substituir o adubo mineral como fonte de fósforo.

O esterco de aves tem quantidade variável de N na sua composição, que fica na dependência da facilidade de degradação do composto, sendo o esterco de aves com uma baixa C:N, o que faz com que ela disponibilize rapidamente os nutrientes, principalmente o N.

No solo, o aumento do teor de matéria orgânica causa, entre outros efeitos, o aumento do pH e da saturação por bases, a complexação e a precipitação do alumínio da solução do solo (FRANCHINI, 1999; MELLO; VITTI, 2002).

Para Moreira e Siqueira (2002), a adição de material orgânico favorece a solubilização microbiana do fosfato, efeito relacionado com a natureza desse material. Os autores afirmam, ainda, que a solubilização do P no solo pode resultar da produção de CO<sub>2</sub> e de ácidos orgânicos, oriundos da mineralização do C orgânico e da produção de enzimas e compostos quelantes complexantes pela microbiota.

Com a aplicação de esterco dá-se redução da população de protógenos, aumento do teor de matéria orgânica do solo e da capacidade de troca de cátions, além da diminuição de densidade do solo (BULLUCK et al., 2002)). Além do efeito benéfico sobre as características físico-químicas do solo, os compostos orgânicos atuam sobre as populações de patógenos e antagonistas e contribuem para induzir a supressividade das doenças do solo. Conforme Boff et al. (2005), o manejo orgânico do solo com o uso de composto ou biofertilizante, propicia a nutrição adequada das plantas de cebola, com alta taxa de micorrização, tornando-as mais tolerantes ao ataque de *B. squamosa*.

Bulluck et al. (2002) afirmaram que compostos orgânicos usados como melhoradores da fertilidade do solo podem resultar em incremento da matéria orgânica e da atividade biológica do solo. Conforme os resultados apresentados pelos autores, condicionadores orgânicos de solo, como o esterco bovino e o composto de caroço de algodão, podem ser superiores aos fertilizantes sintéticos em virtude de melhorarem os atributos biológicos, físicos e químicos do solo; incrementando a produtividade das plantas. Para Bulluck e Ristaino (2002), o uso de compostos orgânicos do solo pode resultar em melhoria da qualidade do solo e no controle de doenças de plantas.

Muitos trabalhos mostram que os adubos orgânicos têm efeitos nematicidas, quando aplicados em doses elevadas (20 t ha<sup>-1</sup>) (DIAS et al., 1999; ASMUS et al., 2002; RODRIGUEZ-KÁBANA, 1986; WHITEHEAD, 1997; MAC BRIDE et al., 1999). Segundo os autores, a ação nematicida decorrente da aplicação de produtos orgânicos ao solo pode ser resultado de efeito tóxico direto da cama de aviário ou da produção de compostos tóxicos durante o processo de decomposição. Na cultura da batata o efeito nematicida do tratamento orgânico tem sido atribuído à alteração microbiana do solo, provocada pela inoculação de micro-organismos (fungos e bactérias) presentes na cama de aviário (ODUOR-OWINO e WAUDO, 1996; RIEGEL et al., 1996).

Zucato (1986) notou o efeito da adubação orgânica e mineral sobre a dinâmica populacional de pragas, presença do mosaico dourado e a produção na cultura do feijão,

verificando aumento do número de plantas com sintomas de mosaico dourado, quando foram utilizados esterco de aves poedeiras e uma incidência menor com fontes de fertilizante mineral e esterco de curral. Segundo Zucato, embora tenha aumentado o número de plantas com sintomas os tratamentos com adubação orgânica propiciaram um significativo aumento de produção.

Rubeiz et al. (1995) observaram o efeito da aplicação de cinco diferentes adubações orgânicas e inorgânicas sobre a população de mosca branca *B. tabaci*, em plantas de *Cucumis melo L.*, cultivar *Annanas Fl*, em casa de vegetação, ao verificarem que a aplicação de esterco de ave reduz a população de mosca branca na cultura, recomendando sua utilização em substituição à adubação mineral nitrogenada auxiliando, assim, na diminuição do uso de inseticidas no controle desta praga.

Os adubos orgânicos sólidos e líquidos apresentam concentrações e taxas de liberação de nutrientes no solo muito variáveis, as quais afetam a disponibilidade para as plantas (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Os índices de eficiência indicam a proporção e a qualidade total dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos sólidos e líquidos, disponibilizada nos dois primeiros cultivos após aplicação. Os índices de eficiência dos nutrientes mostram que os estercos de animais alimentados com rações concentradas apresentam maior disponibilidade inicial de nutrientes para as plantas que os estercos de animais alimentados com pasto (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Os índices de eficiência dos nutrientes no solo de alguns estercos se acham na Tabela 2.

**Tabela 2 – Índices de eficiência de estercos**

	<b>Nutrientes totais</b>	<b>1 Cultivo</b>	<b>2 Cultivo</b>
	53	1,9	0,7
Esterco sólido de suínos			
Cama de frango	65	1,4	1,0
Esterco sólido de bovinos	50	3,0	3,0

Fonte: (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004)

Segundo Kirchmann (1998), aproximadamente 30% do nitrogênio excretado por animais nas fazendas, são liberados para a atmosfera nas etapas de armazenamento, pastoreio e aplicação dos estercos ao solo. Emissões de amônia de áreas com culturas em crescimento são baixas mas as emissões podem ser maiores nos restos culturais em

decomposição. A compostagem pode resultar em grandes perdas de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e de  $\text{N}_2\text{O}$ .

### 3.4 Necessidades hídricas da cultura

A água é um dos fatores de produção mais importantes para a agricultura que, por sua vez e segundo Rijsberman (2006), é uma das atividades que mais consome água. A irrigação em regiões úmidas é explorada com caráter suplementar, vindo a diminuir os riscos inerentes à produção e proporcionar níveis ótimos de produtividades. Já em regiões secas a irrigação se torna prática obrigatória para que a produção agrícola atinja resultados econômicos satisfatórios (AL-KUFAISHI et al., 2006).

Diversos autores discorrem sobre os desafios de utilização da água pela agricultura. Sadler et al. (2005), afirmam que a iminente escassez dos recursos hídricos sugere uma utilização cada vez mais eficiente da água nos sistemas agrícolas. A necessidade de conservação dos recursos hídricos exige uma conscientização dos agricultores no sentido de otimizar a utilização da água visando à sustentabilidade do meio ambiente e, conseqüentemente, do sistema produtivo. Ottman e Pope (2000) afirmam que a irrigação em excesso pode, além de contribuir com a escassez recurso, ocasionar a contaminação de corpos d'água pela lixiviação e carregamento de nutrientes e partículas. Em contrapartida, quantidades insuficientes de água podem causar estresse hídrico e baixa produtividade das culturas (AL-KUFAISHI et al., 2006).

As necessidades de água para o desenvolvimento do pinhão-mansão ainda não estão bem definidas. Kheira e Atta (2008) relatam que quanto ao requerimento de água, existem algumas divergências entre autores em que algumas dizem  $600 \text{ mm ano}^{-1}$ , outros  $800 \text{ mm ano}^{-1}$ , enquanto na Índia existem locais onde há um bom desenvolvimento da cultura com  $1380 \text{ mm ano}^{-1}$ . Em condições irrigadas a planta pode receber  $1500 \text{ mm ano}^{-1}$ ; sem irrigação, diz-se que o pinhão-mansão responde bem a uma precipitação de  $1200 \text{ mm ano}^{-1}$  combinada com altas temperaturas ou sobrevive com apenas  $200 \text{ mm ano}^{-1}$ ; Os autores afirmam, também que é possível até mesmo encontrar planta possível de sobreviver sem água por até dois anos e se recuperar quando receber chuva ou irrigação.

Em seu trabalho, Makkar e Becker (2009) citam a existência da variação nos dados disponibilizados na literatura. Por um lado, alguns autores se referem a dados que informam a adaptação em climas secos com desenvolvimento bom, até mesmo com



baixíssimos níveis de precipitação; por outro lado, afirmam terem verificado informações nas quais a planta tolera condições de alta umidade, adaptando-se a altas precipitações, motivo pelo qual os autores comentaram que o pinhão-manso apresenta alta adaptação às condições climáticas diversas.

É comum encontrar na literatura que o pinhão-manso é resistente à seca e sobrevive em regiões com precipitação entre 200 e 300 mm ano<sup>-1</sup>, porém autores que estudam esta característica trazem informações importantes a este respeito; por exemplo, Maes et al. (2009) mapearam a distribuição natural do pinhão-manso no México, América Central e se pode observar por meio dos dados, que a cultura não é comum nas regiões com clima árido e semiárido, o que não ocorre em regiões com precipitação média menor que 944 mm por ano. Os autores discutiram que locais com precipitação na faixa de 900 a 1200 mm ano<sup>-1</sup> dobram a produtividade quando comparados com áreas de menor precipitação.

Nery (2008), estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso em ambiente protegido, verificou que aos 163 dias após a semeadura, as variáveis altura da planta, diâmetro caulinar, número folhas e área foliar foram afetadas linearmente com decréscimos de 3,78, 7,35, 9,75 e 17,74%, respectivamente, por aumento unitário do CEa.

Para Khira e Atta (2008) a planta se desenvolve com apenas 200 mm ano<sup>-1</sup> de água porém responde bem em regiões com elevadas precipitações, 1200 mm ano<sup>-1</sup> aproximadamente, sobretudo com altas temperaturas mas resiste a baixas temperaturas e longos períodos de seca. Castro Neto (2007) relata que o requerimento mínimo de água para a planta sobreviver é de 300 mm ano<sup>-1</sup>; já para a produção de frutos é de 600 mm ano<sup>-1</sup>; entretanto a quantidade de água favorável é de 1000 a 1500 mm ano<sup>-1</sup>.

Kheira e Atta (2008) estudaram a resposta do pinhão-manso a lâminas de irrigação que correspondiam à porcentagem da evaporação do tanque classe A. O estudo foi realizado no Egito e os autores chegaram à conclusão de que o consumo de água médio da cultura, considerando-se o estágio de desenvolvimento, foi de 6 L por semana, significando para eles, que a cultura pode sobreviver e produzir óleo de qualidade para a produção de bicomcombustível sob o mínimo requerimento de água, quando comparado com outras culturas.

Para Silva (2009), a irrigação com água residuária favoreceu o melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, sobremaneira nos tratamentos sem estresse hídrico. As variáveis de crescimento (altura de plantas, diâmetro caulinar, número de

folhas e área foliar) foram afetadas pelas lâminas de água em todos os períodos estudados; o autor verificou que o tratamento com 1,25 da evaporação do tanque classe A apresentou as maiores taxas de crescimento das plantas.

### **3.5 Avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas**

Vários parâmetros são mensurados e analisados visando-se avaliar o desenvolvimento de uma cultura agrícola, dentre os quais são citados: a altura das plantas, o diâmetro do caule, o índice de emissão foliar, a área foliar, a matéria fresca total, a matéria seca total, a produção de frutos e a qualidade da produção (Lombardi et al., 2000).

A altura das plantas e a espessura do caule são parâmetros fáceis de serem visualizados e medidos quando se deseja avaliar o desenvolvimento de uma cultura. Conhecido o ciclo vegetativo da planta após a realização dessas medidas, de imediato é possível dizer se determinada cultura se encontra em boa ou má fase de desenvolvimento. A altura da planta pode fornecer dados relativos à taxa de crescimento enquanto a espessura do caule indica a sustentabilidade desse crescimento. Uma planta com caule mais espesso é menos suscetível ao tombamento. Segundo Andrade et al. (1997), pela análise da altura da planta pode-se detectar a deficiência ou não de macronutrientes; nesse caso, de potássio do solo.

A medição da área foliar serve não só para avaliar o desenvolvimento das plantas mas também, para estudos agrônomo e fisiológicos. Diversos são os métodos utilizados para estimar a área foliar, como o emprego de medidores eletrônicos e técnicas de planimetria (Kvet e Marshall, 1971). Em razão do método eletrônico ser de custo muito elevado, a estimativa da área foliar pode ser feita por meio de medições simples e não destrutiva, conhecida como método das dimensões.

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

## 4. MATERIAL E METODOS

### 4.1 Localização e características da área experimental

A pesquisa foi conduzida em estufa agrícola, pertencente ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (UFCG-PB), na cidade de Sumé, PB, situada nas coordenadas geográficas de  $-07^{\circ} 40' 18''$  Latitude Sul e  $36^{\circ} 52' 48''$  Longitude Oeste, numa altitude média de 532 m (Figura 3), no período de 25/06/2009 a 12/02/2010. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo climático BSh, semiárido, ou seja, seco, caracterizado por insuficiência e irregularidade das precipitações pluviais e ocorrência de temperaturas elevadas (Cadier et al., 1983).



**Figura 3** – Localização do experimento: Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido/UFCG, Sumé, PB (2009)

### 4.2 Tratamentos e delineamento experimental

A área experimental total foi de aproximadamente  $96 \text{ m}^2$ , subdividida em 3 blocos totalizando 20 plantas do pinhão-manso para cada bloco (Figura 7).



**Figura 4** - Visão frontal da área experimental localizada no Centro de Desenvolvimento do Semiárido/UFCG, Sumé, PB (2009)

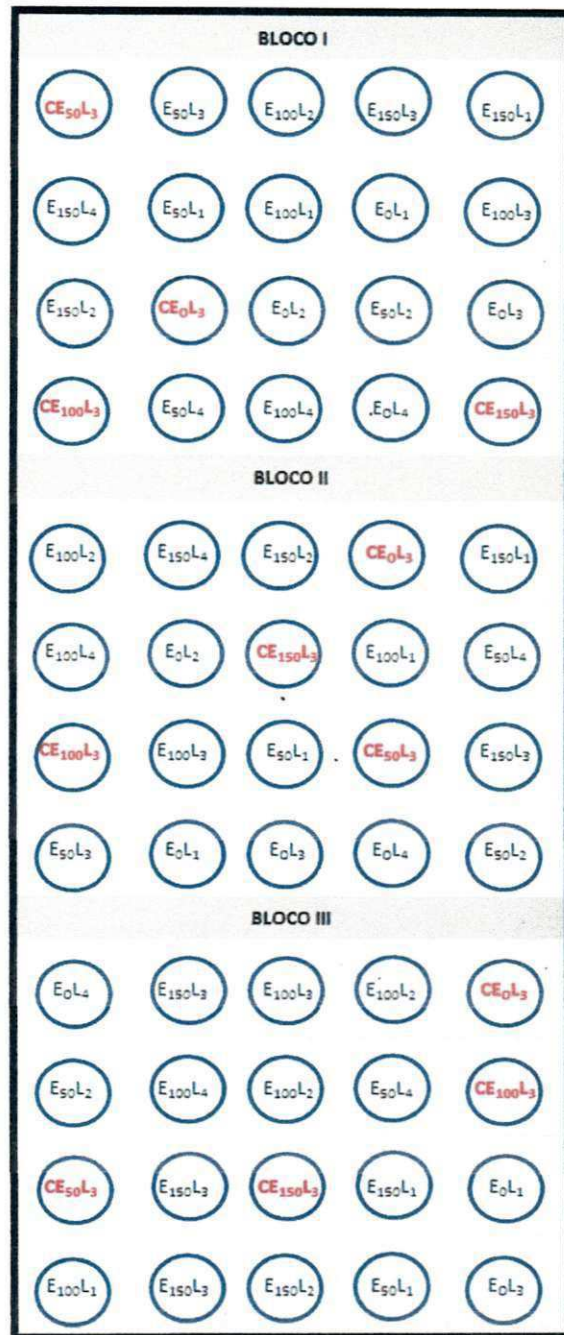
O pinhão-mansão foi submetido a três fatores de variabilidade durante a realização do experimento, sendo 2 quantitativos e 1 qualitativo, sendo:

**Fator 1.** Quatro níveis crescentes de adubação nitrogenada utilizando-se como fonte o esterco bovino (E);  $E_0 = 0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N;  $E_{50} = 50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N;  $E_{100} = 100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N e  $E_{150} = 150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

**Fator 2.** Quatro lâminas de água da água baseadas na evaporação medida no Tanque Classe A para o solo descoberto, ET ( $L_1 = 0,5\text{ET}$ ;  $L_2 = 0,75 \text{ ET}$ ,  $L_3 = 1 \text{ ET}$  e  $L_4 = 1,25 \text{ ET}$ ) e um nível para o solo coberto, usando um coeficiente de cultura, determinado empiricamente.

**Fator 3.** Duas coberturas de solo: com cobertura morta (C) e sem cobertura morta (SC).

No experimento utilizou-se o delineamento fatorial com tratamentos adicionais do tipo  $4 \times 4 + 4$  com três repetições, totalizando 60 unidades experimentais.(Figura 5).



**Figura 5** - Croqui do experimento instalado no interior da estufa agrícola

O esquema da análise de Variância é apresentado na Tabela 3.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SISVAR, conforme metodologia de Ferreira (2003).

**Tabela 3.** Causas de variação e graus de liberdade na análise de variância

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Graus de Liberdade</b>
Doses de nitrogênio (N)	3
Lâminas de irrigação (L)	3
Doses de nitrogênio (N)×Lâminas de irrigação (L)	9
Fatorial VS. adicional	1
Entre adicionais	3
Tratamentos	19
Bloco	2
Erro	38

Os contrastes entre as médias foram avaliados pelo teste “F” (até 5% de probabilidade). Os graus de liberdade dos tratamentos com interações significativas foram decompostos em componentes de regressão polinomial quando se tratava de fator quantitativo adotando-se, para a construção das curvas, o maior grau de regressão significativo (FERREIRA, 2003). Entretanto, quando se tratava de fator qualitativo, realizou-se o desdobramento de um fator em função do outro e se aplicou o teste de Scheffé (5% de probabilidade).

#### **4.3 Coleta, amostragem e características físicas e químicas do solo**

O material de solo utilizado no experimento foi um Neossolo obtido numa formação aluvial localizada em propriedade nas margens do Rio Pedra Comprida, na localidade de Oriente, a aproximadamente 20 km do município de Sumé.

Amostras de solo foram obtidas em zig-zag na profundidade de 0-30 cm, com o auxílio de um trado, colocando-as posteriormente em um balde plástico constituindo de uma amostra simples; após 12 coletas o solo foi misturado e homogeneizado formando-se uma amostra composta; as amostras foram colocadas em sacos plásticos e estes foram etiquetadas com os dados sobre a propriedade rural, data e local da coleta e, em seguida, levadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do DEAG/UFCG, para análises física e química do solo (Tabelas 4 e 5).

**Tabela 4 - Características químicas do solo utilizado no experimento**

Determinação	Teor	Determinação	Teor
Cálcio (cmol <sub>c</sub> /kg)	6,54	Carbonato de cálcio qualitativo	Ausente
Magnésio (cmol <sub>c</sub> /kg)	2,97	Carbono orgânico %	0,5
Sódio (cmol <sub>c</sub> /kg)	0,19	Matéria orgânica %	0,86
Potássio (cmol <sub>c</sub> /kg)	0,16	Nitrogênio %	0,05
S (cmol <sub>c</sub> /kg)	9,86	Fósforo assimilável mg / 100g	5,48
Hidrogênio (cmol <sub>c</sub> /kg)	1,46	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	6,87
Alumínio (cmol <sub>c</sub> /kg)	0,00	Cond. elétrica – mmhos/cm	0,17
T (cmol <sub>c</sub> /kg)	11,32		

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/CTRN

**Tabela 5 - Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento**

Características físico-hídricas	Valores
Areia (g/kg)	758,30
Silte (g/kg)	191,40
Argila (g/kg)	50,30
Classificação Textural (USDA)	Franco-arenoso
Densidade	1,21
Densidade das Partículas	2,58
Porosidade (%)	53,10
Umidade atual (% base solo seco)	0,69
Capacidade de Campo (% base solo seco)	14,00
Ponto de Murcha Permanente (% base solo seco)	8,97
Água Disponível (% base solo seco)	5,03

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/CTRN

De acordo com os dados contidos na Tabela 3, o solo não se encontrava afetado por sais; sua condutividade elétrica menor que 4,0 mmhos/cm, segundo o critério de Richards (1974) corresponde a um solo normal, não afetado por sais. O solo utilizado possui, ainda, vantagens de não apresentar problema de acidez, dispensando correção

com o uso de calcário. O pH do solo encontra-se dentro da faixa considerada favorável para o crescimento adequado das plantas.

#### **4.4 Adubação**

Para conseguir uma aplicação homogênea dos adubos nos vasos, os 100 kg de solo foram divididos em quatro frações de 25 kg. Na adubação orgânica utilizou-se como fonte, o esterco de gado com concentração de 0,73% de N. Os tratamentos de adubação foram 0 (testemunha), 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>. Para determinar as quantidades a serem aplicadas nos vasos, fez-se a relação entre a área do vaso e um hectare; desta forma, a quantidade de esterco de gado aplicada para reproduzir os tratamentos foi, respectivamente de 0, 134, 269 e 403 g/vaso.

Na adubação de fósforo e potássio adotou-se a metodologia de Novais et al. (1991) para experimentos conduzidos em ambiente protegido; assim todas as plantas receberam 0,9 g/kg solo de superfosfato simples na concentração de 22% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0,05 g/kg cloreto de potássio (KCl) na concentração de 60% K<sub>2</sub>O, respectivamente.

#### **4.5 Produção das mudas e instalação do experimento**

As mudas foram produzidas em casa de vegetação, na fazenda Adenius Nordeste no município de Serra Talhada, PE, utilizando-se sementes originárias do Gonçalo/2004, cultivadas no setor EKY, cedidas pelo NNE MINAS AGRO FRORESTAL LTDA, localizado no município de Janaúba, MG. O teste de germinação mostrou uma germinação de 92%; quando as mudas atingiram 30 dias, foram trazidas para o Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (UFCG-PB), na cidade de Sumé, PB.

O solo foi colocado em recipientes de plástico de PVC, de 100 litros, com 50 cm de diâmetro na parte superior, 35 cm na base e 60 cm de altura. O vaso de plástico foi furado no fundo para permitir a drenagem do solo caso a quantidade de água ultrapassasse a capacidade de campo; posteriormente se transplantou em cada vaso, uma muda (Figura 6), previamente selecionada de maneira homogênea, conforme seu vigor; as mudas transplantadas foram irrigadas diariamente, mantendo-se o solo em condições de capacidade de campo durante mais 30 dias; a este momento (60 dias) os tratamentos de irrigação foram iniciados.





**Figura 6** -Transplante de mudas de pinhão-mansô na estufa agrícola localizada no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (UFCG) Sumé, PB (2009)

#### 4.6 Manejo da irrigação

As irrigações foram feitas obedecendo-se a um turno de rega de dois dias, utilizando-se água proveniente de um poço (Quadro 1) localizado no interior da área experimental. A água foi coletada diretamente do poço, por meio de uma motobomba com potência de 370 W, tubulação de recalque com mangueira de polietileno  $\frac{3}{4}$  e conectada a tubulação existente na mesma área chegando até a torneira de distribuição dentro da estufa agrícola. Realizou-se a reposição da água de forma manual, utilizando-se um regador e a água medida com uma proveta plástica com capacidade para 1000 ml.

**Quadro 1.** Características físico-químicas da água utilizada na irrigação

Características	Valores	Características	Valores
pH	7,38	Bicarbonatos (meq/ L)	0,38
Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	1,324	Carbonatos (meq/ L)	8,22
Cálcio (meq/ L)	3,85	RAS (mmol L <sup>-1</sup> )	Presença
Magnésio (meq/ L)	6,76	Classe da água	C <sub>3</sub>
Sódio (meq/ L )	5,87		

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/UAEA/CTRN

Visando à determinação da evaporação de água dentro da casa de vegetação, instalou-se um tanque Classe A (Figura 7) construído em chapa galvanizada, com 121

cm de diâmetro e 25 cm de altura, instalado sobre um estrado de madeira de 15 cm de altura. Uma vez cheio, manteve-se o nível de água no interior do tanque a 5 cm da borda superior; a medição da evaporação foi diária, por meio de um poço tranquilizador e parafuso micrométrico; na base do tranquilizador havia um orifício, através do qual a água penetrava permitindo, assim, manter o mesmo nível de água de fora do poço.



**Figura 7** - Tanque classe A, instalado no ambiente interno da casa de vegetação

Os tratamentos de irrigação aplicados dependeram da proteção do solo: solo com cobertura morta (plástico preto com espessura de 0,03 mm) e solo sem cobertura. A Figura 8 apresenta uma vista de um tratamento com a cobertura de plástico.



**Figura 8** - Tratamento com cobertura plástica do solo

### **Tratamentos sem cobertura morta:**

Considerando que a cultura sem cobertura morta é submetida a evaporação, os tratamentos de irrigação para o solo sem cobertura morta foram baseados na evaporação de água obtida no Tanque Classe A, instalado na casa de vegetação.

As lâminas de irrigação utilizadas foram:

I. - 0,50 x Evaporação do Tanque (ET)

II. - 0,75 x Evaporação do Tanque (ET)

III. - 1,00 x Evaporação do Tanque (ET)

IV. - 1,25 x Evaporação do Tanque (ET)

### **Tratamentos com cobertura morta**

Como no solo com cobertura não existe evaporação de água, no presente estudo se estimou o consumo de água da planta através da determinação da Evapotranspiração Potencial (ETP) e da Evapotranspiração da cultura (ETR).

Para determinar a Evapotranspiração Potencial, utilizou-se a seguinte relação:

$$ETP = ET \times kt \quad \text{eq.1}$$

donde:

ET = evaporação de água no tanque classe A, em  $\text{mm dia}^{-1}$ ;

kt é o coeficiente do tanque, considerado neste trabalho igual a 0,70.

Para determinar a Evapotranspiração da cultura utilizou-se a seguinte equação:

$$ETR = ETP \times kc \quad \text{eq.2}$$

em que kc é o coeficiente de cultura

Na falta de informações com respeito às necessidades de água do pinhão-manso, estimaram-se os valores dos coeficientes de cultivo (kc) com base nas recomendações da FAO (2006) para um grupo de oleaginosas, principalmente mamona e algodão, cujas plantas apresentam semelhanças com relação ao porte, hábito de crescimento e altura média do pinhão e a área sombreada proporcionada por suas áreas foliares. Os

coeficientes de cultura estimados e associados à fase inicial (30 DAS), crescimento (50 DAS), intermediário (60 DAS) e final (120 DAS) foram, respectivamente, 1,00; 1,00; 1,20 e 0,65

#### **4.7 Controle de pragas e ervas daninhas**

No decorrer do período experimental constatou-se a presença de algumas pragas, as quais foram controladas mediante pulverizações periódicas; verificou-se, também, ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) controlado através de 6 pulverizações com Vertimec 18 CE (Concentração para emulsão (EC) 18 gℓ<sup>-1</sup> ou 1,9% (p/p) de abamectina) durante 8 semanas (uma pulverização para o intervalo de duas semanas) na proporção de diluição de 16 ml de acaricida para 200 ml de água, com auxílio de um pulverizador costal.

Durante o experimento realizou-se a remoção do excesso de folhas adventícias não funcionais das plantas, sempre no início do seu aparecimento, objetivando-se melhoria na produção das plantas.

#### **4.8 Variáveis de crescimento mensuradas**

##### **4.8.1 Altura de Plantas (AP) e Diâmetro caulinar (DC)**

A altura das plantas foi determinada inicialmente aos 30 dias após o transplante, no início da aplicação dos tratamentos; posteriormente, foram realizadas medições desta variável a cada 30 dias, totalizando 8 leituras aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 DAT, com a última mensuração realizada no intervalo de 47 dias. Esta variável foi determinada com trena profissional 5m×19mm marca Tramontina, adotando-se como critério de determinação a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal.

A determinação da variável diâmetro caulinar das plantas de pinhão-manso ocorreu nos mesmos períodos que a variável altura das plantas; as leituras foram realizadas no colo da planta a uma altura aproximada de 2 cm utilizando-se um paquímetro digital de 200 mm, marca Marberg, com precisão de  $\pm 0,05$ mm.

#### 4.8.2 Área Foliar (AF)

Para determinação da área foliar foram realizadas 8 leituras nos mesmos instantes da altura de plantas e do diâmetro caulinar e se consideraram para medição, as folhas com tamanho acima de 3 cm, aproximadamente.

Determinou-se a área foliar por planta conforme metodologia proposta por Severino et al. (2006), de acordo com a Equação 3.

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

em que:

AF = área foliar (m<sup>2</sup>/planta)

p = Comprimento da nervura principal (m)

A área foliar total foi calculada pela somatória das áreas foliares de cada planta, através do método não destrutivo.

#### 4.8.3 Taxas de Crescimento Absoluto em Altura e do Diâmetro Caulinar

A partir dos resultados das variáveis de crescimento altura de plantas e diâmetro caulinar, determinaram-se as taxas de crescimento absoluto da altura de plantas (TCA AP), e do diâmetro caulinar (TCA DC) de acordo a metodologia proposta por Silva et al. (2000) e apresentadas nas equações 4 e 5.

$$TCAAP = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Eq.4}$$

$$TCADC = \frac{DC_2 - DC_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Eq.5}$$

em que:

TCA AP = Taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (cm dia<sup>-1</sup>);

AP<sub>1</sub> = Altura da planta no tempo t<sub>1</sub> (cm);

AP<sub>2</sub> = Altura da planta no tempo t<sub>2</sub> (cm);

TCA DC = Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (mm dia<sup>-1</sup>);

DC<sub>1</sub> = Diâmetro caulinar no tempo t<sub>1</sub> (mm);

DC<sub>2</sub> = Diâmetro caulinar no tempo t<sub>2</sub> (mm).

#### 4.8.4 Taxas de Crescimento Relativo da Altura e do Diâmetro Caulinar

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

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

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

em que:

TCR AP = Taxa de crescimento relativo em altura de plantas (cm cm dia<sup>-1</sup>);

TCR DC = Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (mm mm dia<sup>-1</sup>);

ln(AP<sub>1</sub>) = Logaritmo natural da medição da altura da planta no tempo t<sub>1</sub> (cm);

ln(AP<sub>2</sub>) = Logaritmo natural da medição da altura da planta no tempo t<sub>2</sub> (cm);

TCA DC = Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (mm dia<sup>-1</sup>);

ln(DC<sub>1</sub>) = Logaritmo natural da medição do diâmetro caulinar no tempo t<sub>1</sub> (mm);

ln(DC<sub>2</sub>) = Logaritmo natural da medição do diâmetro caulinar no tempo t<sub>2</sub> (mm).

#### 4.8.5 Fitomassa da parte aérea da planta

Visando à determinação do acúmulo da fitomassa seca do pinhão, utilizou-se a metodologia destrutiva de planta e separação em duas partes (caule e folhas). A secagem em estufa foi realizada por um período que variou entre cinco e sete dias, mantendo-se a temperatura constante a 60°C.

#### 4.8.6 Fitomassa e comprimento das raízes

Mediu-se o comprimento da raiz principal de cada planta com uma trena profissional 5m×19mm marca Tramontina; em seguida, para determinação de matéria seca da raiz as plantas foram ensacadas, identificadas e encaminhadas do laboratório para lavagem; após a separação das raízes do solo, foram secadas em estufa a 60°C por 72 horas e pesadas posteriormente para a obtenção da massa de matéria seca de raízes.

#### 4.8.7 Eficiência do uso de água

Determinou-se a eficiência do consumo de água pelo pinhão-mansão por meio da relação entre o peso da fitomassa (FT) e o volume de água aplicada a cada tratamento, sendo:

$$\text{Eficiência} = \text{gramas de fitomassa/litros de água aplicados (g.L}^{-1}\text{)} \quad \text{eq. 8}$$

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Altura da planta (AP)

A análise de variância (Tabela 6) mostra que as lâminas de água exerceram efeito significativo sobre a altura das plantas, aos 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante, a nível de 1% de probabilidade indicando que a água é fator relevante no crescimento do pinhão-manso. Observa-se que, em geral, a altura da planta aumentou com as lâminas de água e com o tempo (Tabela 7); desta forma, a maior altura foi obtida aos 257 DAS, no tratamento que recebeu a maior quantidade de água (105,17cm). Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Silva (2009) que, estudando o pinhão-manso, encontrou efeito significativo das lâminas de água na variável altura da planta em todos os períodos estudados, exceto aos 30 dias após o transplante, período inicial do crescimento do pinhão. Com base nessas informações, o mesmo autor afirmou haver uma sensibilidade da espécie *Jatropha* às condições de estresse hídrico. Albuquerque et al. (2008) observaram que os menores valores médios da altura de plantas do pinhão-manso no período de 150 dias após a semeadura, ocorreram quando submetidos ao menor nível de água disponível, corroborando também de que o pinhão-manso é exigente em água e não cresce bem em condições de déficit hídrico.

O nitrogênio, assim como a interação entre irrigação e nitrogênio e os contrastes entre as doses de nitrogênio nos tratamentos adicionais, não indicou efeito significativo, fato que não é uma constante nos experimentos com adubação nitrogenada; entretanto, como a fonte de nitrogênio utilizada foi o esterco bovino, alguns autores têm tentado explicar este problema, tais como Severino et al. (2005) que, trabalhando com esterco bovino, observaram que ao final de 33 dias de incubação a mineralização foi de apenas 5mg/kg. Mesmo reconhecendo que o esterco bovino utilizado já estava curtido, ou seja, em adiantado processo de decomposição, observou-se alta relação C/N, o que dificulta a mineralização. Para LIMA et al. (2008), quando o material é espalhado na lavoura de forma que não fique concentrado em pequenas áreas, o problema da relação C/N não é considerável, mas, quando se objetiva utilizá-lo em doses elevadas, como em hortas ou adubação de vasos, é preciso que, antes, ele seja submetido a um processo de compostagem, decomposição ou mesmo misturado a outro material rico em N, com o objetivo de reduzir a relação C/N o que, no presente trabalho, isto parece não ter acontecido.



**Tabela 6** – Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Dias após o transplante (DAT)							
		Quadrados Médios							
		30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Tratamentos	19	10,68 <sup>ns</sup>	7,38 <sup>ns</sup>	129,49**	287,40**	409,91**	525,07**	711,73**	839,59**
Lâminas de água (I)	3	13,85 <sup>ns</sup>	7,19 <sup>ns</sup>	126,91**	365,08**	431,22**	508,22**	746,52**	824,02**
Doses de nitrogênio (N)	3	6,35 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>	7,42 <sup>ns</sup>	74,85 <sup>ns</sup>	111,22 <sup>ns</sup>	110,61 <sup>ns</sup>	249,7 <sup>ns</sup>	264,30 <sup>ns</sup>
Níveis versus Doses (Ix D)	9	12,69 <sup>ns</sup>	7,08 <sup>ns</sup>	5,05 <sup>ns</sup>	7,02 <sup>ns</sup>	6,81 <sup>ns</sup>	13,09 <sup>ns</sup>	57,67 <sup>ns</sup>	72,30 <sup>ns</sup>
Tratamentos sem cobertura versus tratamentos adicionais com cobertura	1	9,20 <sup>ns</sup>	4,58 <sup>ns</sup>	22,81 <sup>ns</sup>	100,10 <sup>ns</sup>	232,07 <sup>ns</sup>	281,67 <sup>ns</sup>	473,2 <sup>ns</sup>	537,00*
Contraste linear com cobertura	1	4,69 <sup>ns</sup>	14,63 <sup>ns</sup>	61,36 <sup>ns</sup>	148,03 <sup>ns</sup>	140,03 <sup>ns</sup>	69,44 <sup>ns</sup>	16,,00 <sup>ns</sup>	81,00 <sup>ns</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	3,55 <sup>ns</sup>	26,89 <sup>ns</sup>	26,89 <sup>ns</sup>	29,39 <sup>ns</sup>	26,89 <sup>ns</sup>	26,89 <sup>ns</sup>	24,50 <sup>ns</sup>	18,00 <sup>ns</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	10,67 <sup>ns</sup>	2,67 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	24,00 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
Erro	38	13,50	20,78	17,22	35,98	49,98	73,35	120,88	124,27
CV(%)	-	16,6	12,96	8,38	9,52	9,8	10,68	12,30	11,32

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação

**Tabela 7** - Médias para a variável altura de plantas do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias da Altura de Plantas (cm)							
	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Lâmina 0,50	23,16	34,83	45,03	56,07	64,11	71,12	78,12	85,00
Lâmina 0,75	23,50	35,50	47,08	63,13	72,03	74,13	88,36	98,12
Lâmina 1,00	20,92	34,08	48,00	65,04	74,01	79,07	90,09	100,01
Lâmina 1,25	21,17	35,83	53,12	69,21	78,31	86,00	97,31	105,17

Entende-se como tratamentos adicionais, os tratamentos de irrigação e adubação em solos com cobertura. Quando se executa o contraste com o qual se avalia o efeito significativo entre as duas coberturas de solo (solo com e sem cobertura) observa-se efeito significativo para o tratamento aos 257 DAT. Segundo Costa (2007) o uso da cobertura do solo proporcionou um aumento significativo para a altura de plantas aos 180 dias após a germinação encontrando-se, para o solo com cobertura, altura de 1,54 m comparada com os 1,21 m do solo sem cobertura.

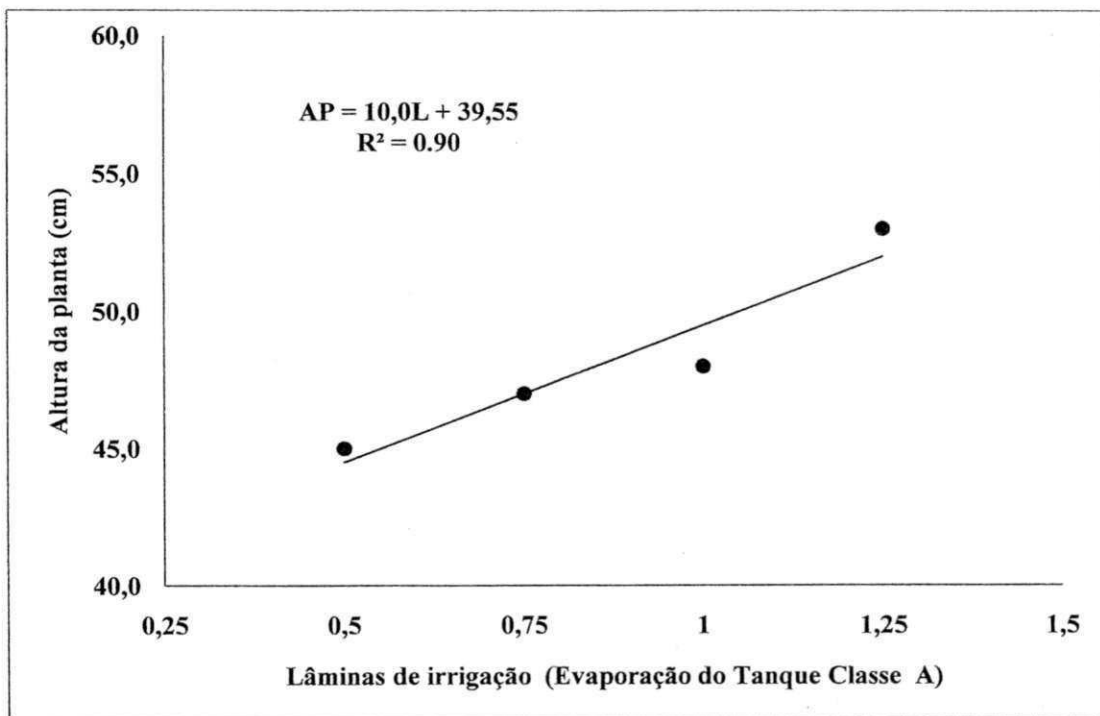
Na Tabela 8 se apresenta as regressões para o fator lâminas de irrigação nos períodos de 90, 120, 150, 180, 210 e 257 DAT, parâmetros encontrados significantes segundo a Tabela 6; para todos os períodos o ajuste linear foi significativo a 1% de probabilidade.

**Tabela 8** - Resumo da análise de regressão para altura de planta do pinhão-mansão (cm) aos 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Ajuste	GL	Quadrados Médios					
		90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Linear	1	280,96*	862,60*	1246,98*	1549,13*	2355,70*	2214,38*
Quadrático	1	0,44 <sup>ns</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	27,71 <sup>ns</sup>	77,68 <sup>ns</sup>	164,77 <sup>ns</sup>	172,52 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	76,07**	43,7 <sup>ns</sup>	75,89 <sup>ns</sup>	42,76 <sup>ns</sup>	20,52 <sup>ns</sup>	28,49 <sup>ns</sup>
Desvio	1	46,15 <sup>ns</sup>	5,97 <sup>ns</sup>	175,17 <sup>ns</sup>	136,75 <sup>ns</sup>	181,77 <sup>ns</sup>	86,20 <sup>ns</sup>
Erro	34	19,23	38,50	46,68	63,71	111,73	135,42

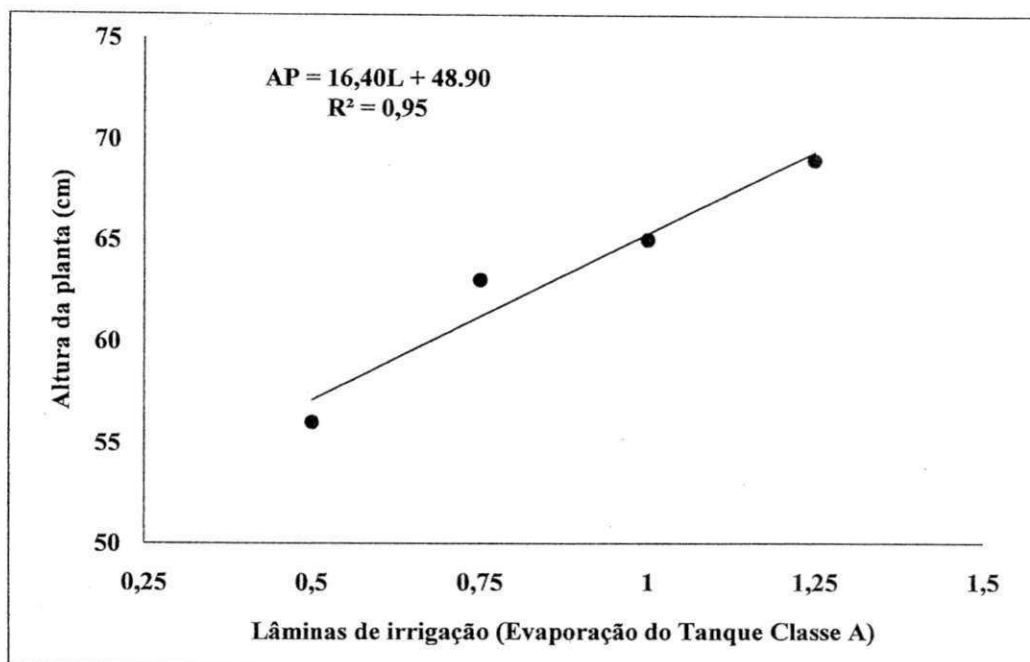
\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade

Verifica-se, na Figura 9 apresenta a variação da altura do pinhão-mansão aos 90 DAT em função das lâminas de irrigação obtida por meio do Tanque Classe A. Nota-se que a relação entre a altura da planta (AP) e as lâminas de irrigação nos tratamentos sem cobertura do solo, é expressa pela equação  $AP=10,00L+39,55$  com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,90; apesar deste coeficiente de determinação ser considerado significativo, pode-se observar uma provável perda na sua otimização devido a uma discrepância causada pela lâmina de irrigação, de 100%. Observa-se, nesta mesma figura, que a altura da planta para a lâmina de irrigação de 125% superou as reposições de 50, 75 e 100%, confirmando a superioridade das plantas cultivadas em solos com alta umidade.

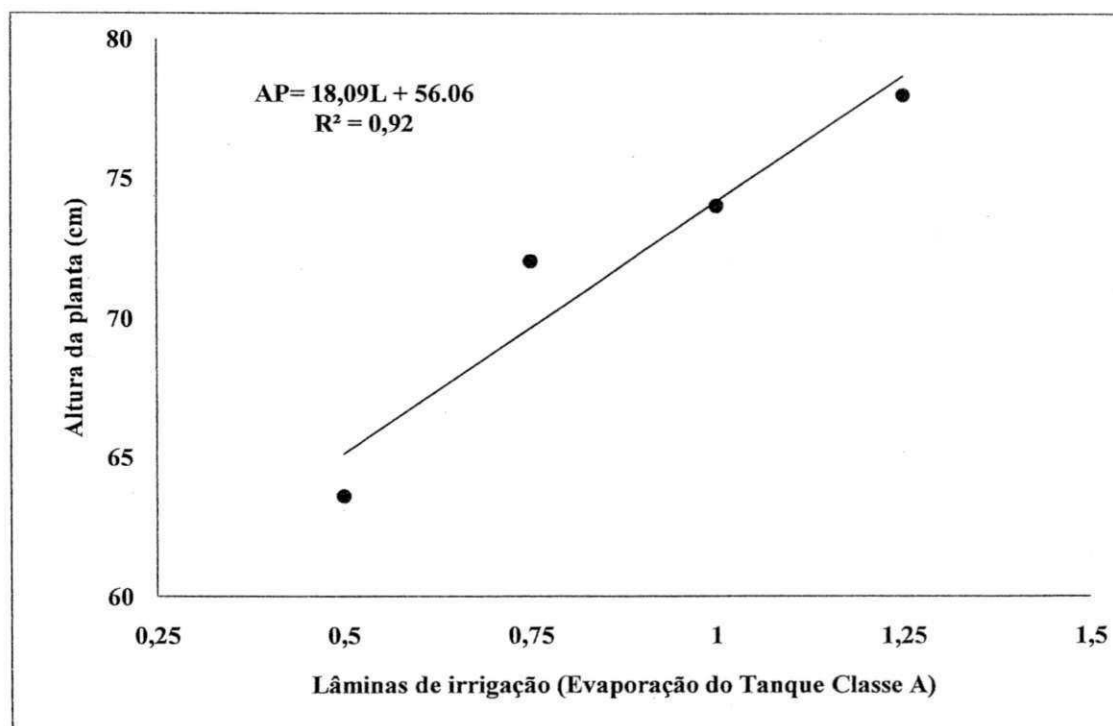


**Figura 9** – Variação da altura do pinhão-mansão aos 90 DAT, em função das lâminas de irrigação, em Sumé, PB

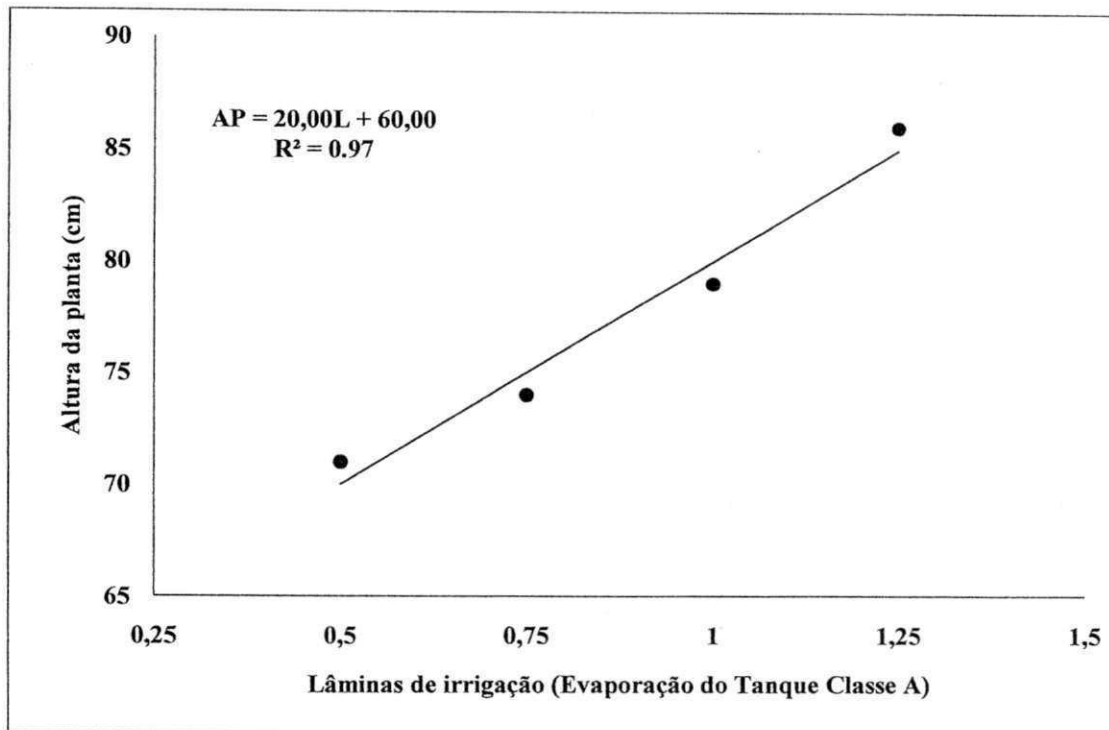
Comportamento idêntico é observado aos 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante, representado nas Figuras 10 a 14.



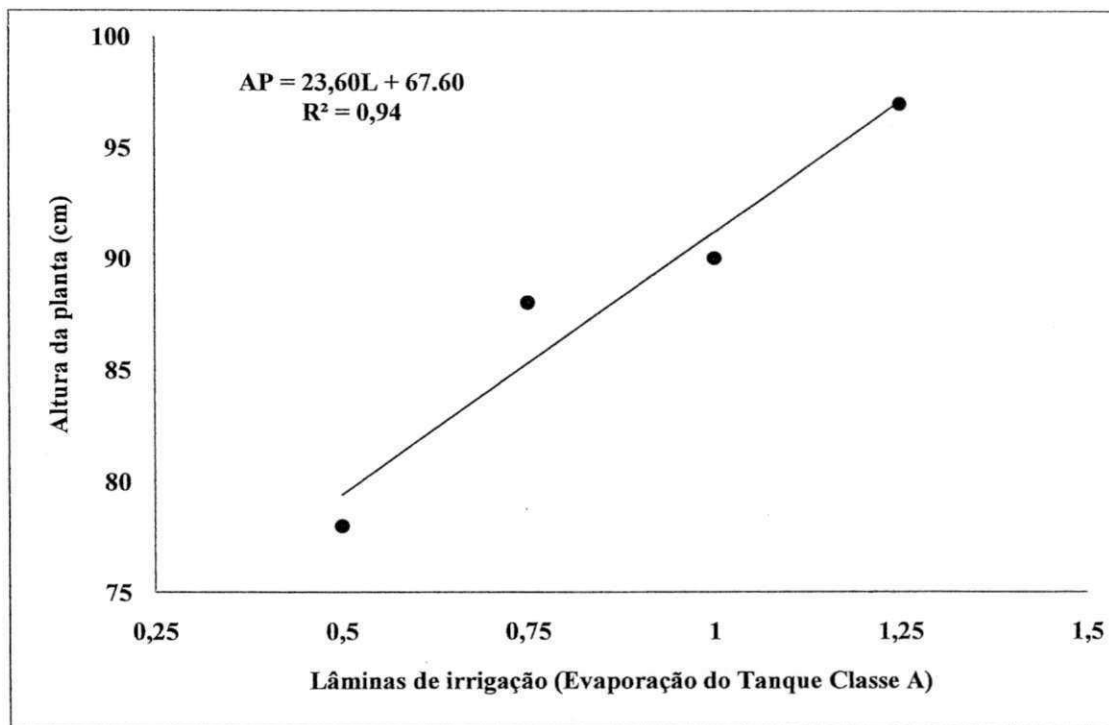
**Figura 10** – Variação da altura do pinhão-mansó aos 120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



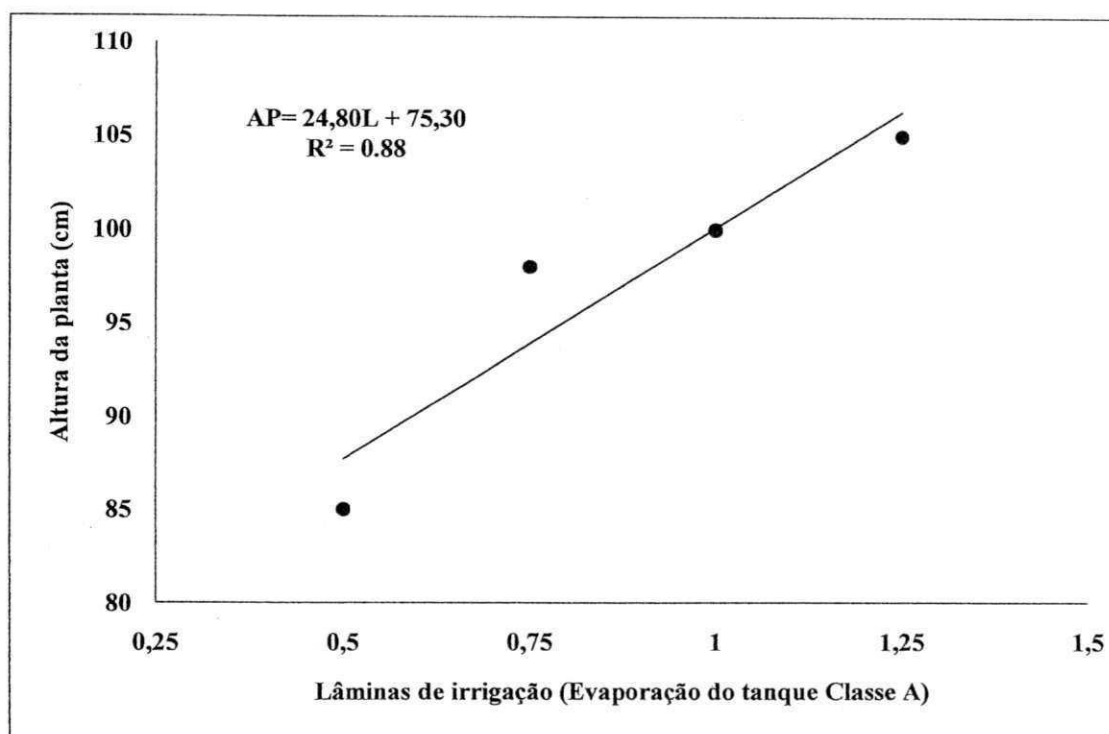
**Figura 11** – Variação da altura do pinhão-mansó aos 150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 12** – Variação da altura do pinhão-mansó aos 180 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 13** – Variação da altura do pinhão-mansó aos 210 DAT, em função das lâminas de irrigação, em Sumé, PB



**Figura 14** – Variação da altura do pinhão-mansó aos 257 DAT, em função das lâminas de irrigação(L), em Sumé, PB

Na Tabela 9 pode-se observar uma comparação entre a altura da planta do pinhão obtida no solo sem e com cobertura morta aos 257 dias após o transplante, mostrando que a altura da planta no tratamento com cobertura do solo (104,50 cm) foi estatisticamente maior que a obtida no solo sem cobertura (97,02cm). Bragagnolo & Mielniczuk (1990) afirmam que a cobertura do solo reduz as perdas de água por evaporação, além de diminuir as oscilações da temperatura do solo, dependendo da insolação e da umidade do solo. Embora a temperatura do solo através do experimento não tenha sido monitorada, observou-se alta temperatura dentro da casa de vegetação o que, logicamente, deve ter aumentado também a temperatura do solo nos vasos. A presença de cobertura do solo pode ter evitado possíveis aumentos exagerados da temperatura do solo e ter oferecido então, um médio edáfico mais adequado para a planta.

**Tabela 9** - Resumo do teste de Scheffé para altura do pinhão-manso (cm) aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

<b>Tratamentos</b>	<b>Média da altura da planta</b>
Solo sem cobertura (SC)	97,02 a
Solo com cobertura (CC)	104,50 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scheffé a 1% de probabilidade

### **5.2 Taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCA AP)**

O nível de água no solo afetou significativamente a taxa de crescimento absoluto da altura da planta nos intervalos 60-90, 90-120 e 120-150 DAT (Tabela 10); nos demais períodos não se observou efeito; a análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, acompanhando seu crescimento o que, segundo Benincasa (2003), é o meio mais acessível e preciso para avaliar o crescimento da planta e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), é geneticamente controlada, de maneira que fatores que determinem diferentes taxas iniciais de crescimento terão efeito apenas durante a fase de crescimento exponencial das plantas, diminuindo de intensidade, à essa medida que as plantas crescem. As taxas de crescimento em todos os intervalos de tempo aumentaram linearmente, segundo equações matemáticas com incrementos superiores a 10%.

A taxa de crescimento não foi constante durante o desenvolvimento do vegetal (Tabela 12). Analisando as médias das taxas de crescimento, observou-se uma fase de aumento rápido da taxa de crescimento, seguida da diminuição relativamente contínua, evento confirmado pelos resultados obtidos por Magalhães, 1979, e Benincasa, 2003, porém os resultados obtidos neste experimento discordam com o proposto acima, fato também observado por Stefanini e Rodrigues (2003) em estudos sobre o efeito de lâminas de irrigação no desenvolvimento de plantas da mamona, no qual os valores das taxas de crescimento tiveram acréscimos significativos em relação a períodos anteriores.

**Tabela 10** – Resumo de análise de variância para taxa de crescimento absoluto da variável altura do pinhão-manso, nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante, submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de Variação	GL	Dias após o transplante						
		Quadrados Médios						
		30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
Tratamentos	19	0,009886 <sup>ns</sup>	0,081867*	0,0023491*	0,006142*	0,008996 <sup>ns</sup>	0,034482 <sup>ns</sup>	0,001855 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (I)	3	0,019524 <sup>ns</sup>	0,105222*	0,066850*	0,012097*	0,009813 <sup>ns</sup>	0,030524 <sup>ns</sup>	0,001447 <sup>ns</sup>
Doses de nitrogênio (N)	3	0,005347 <sup>ns</sup>	0,011356 <sup>ns</sup>	0,040850 <sup>ns</sup>	0,004619 <sup>ns</sup>	0,004291 <sup>ns</sup>	0,036908 <sup>ns</sup>	0,001836 <sup>ns</sup>
Níveis versus Doses (IxD)	9	0,010263 <sup>ns</sup>	0,008400 <sup>ns</sup>	0,008781 <sup>ns</sup>	0,001528 <sup>ns</sup>	0,001919 <sup>ns</sup>	0,032852 <sup>ns</sup>	0,001675 <sup>ns</sup>
Tratamentos sem cobertura versus Tratamentos adicionais com cobertura	1	0,001450 <sup>ns</sup>	0,011760 <sup>ns</sup>	0,026627 <sup>ns</sup>	0,033370*	0,002734 <sup>ns</sup>	0,024200 <sup>ns</sup>	0,001042 <sup>ns</sup>
Contraste linear com cobertura	1	0,000960 <sup>ns</sup>	0,007707 <sup>ns</sup>	0,0077081 <sup>ns</sup>	0,000375 <sup>ns</sup>	0,012615 <sup>ns</sup>	0,010140 <sup>ns</sup>	0,001235 <sup>ns</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	0,012033 <sup>ns</sup>	0,010800 <sup>ns</sup>	0,0010900 <sup>ns</sup>	0,000008 <sup>ns</sup>	0,000208 <sup>ns</sup>	0,083333 <sup>ns</sup>	0,001673 <sup>ns</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	0,006407 <sup>ns</sup>	0,000060 <sup>ns</sup>	0,000040 <sup>ns</sup>	0,000042 <sup>ns</sup>	0,016335 <sup>ns</sup>	0,039527 <sup>ns</sup>	0,004682 <sup>ns</sup>
Erro	38	0,042026	0,000216	0,007700	0,001507	0,007662	0,040871	0,001673
CV(%)	-	9,96	3,12	7,38	12,72	13,8	14,68	12,69

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação,



**Tabela 11** - Médias para a variável taxa de crescimento absoluto de plantas do pinhão-mansoso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias da Taxa de Crescimento Absoluto da Altura de Plantas (mm/dia)						
	30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
Lâmina 0,50	0,48	0,44	0,44	0,29	0,26	0,34	0,18
Lâmina 0,75	0,45	0,46	0,45	0,29	0,25	0,34	0,19
Lâmina 1,00	0,42	0,46	0,46	0,30	0,26	0,33	0,18
Lâmina 1,25	0,39	0,48	0,46	0,29	0,25	0,31	0,18

Esses resultados também foram constatados por Silva (2009) que observou, no experimento em condições de maior teor de umidade do solo estabelecida em experimento com pinhão-mansoso, efeitos dos tratamentos indicando que o pinhão-mansoso em condições favoráveis de umidade do solo, sobretudo irrigado com água residuária (rica em nutrientes) desenvolve maior taxa de crescimento absoluto em altura de plantas.

Pelos valores médios para taxa de crescimento absoluto, percebe-se que as taxas de crescimento das plantas obtidas nos três períodos sofreram variação. A maior taxa de crescimento média, observada entre os tratamentos, foi de 90 a 120 dias após o transplante.

Observa-se, por fim, que nos períodos finais do experimento, ou seja, nos períodos de 150-180, 180-210 e 310 a 257 dias após o transplante, não foram observados efeitos significativos nos tratamentos. Para Larcher (2000), paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas.

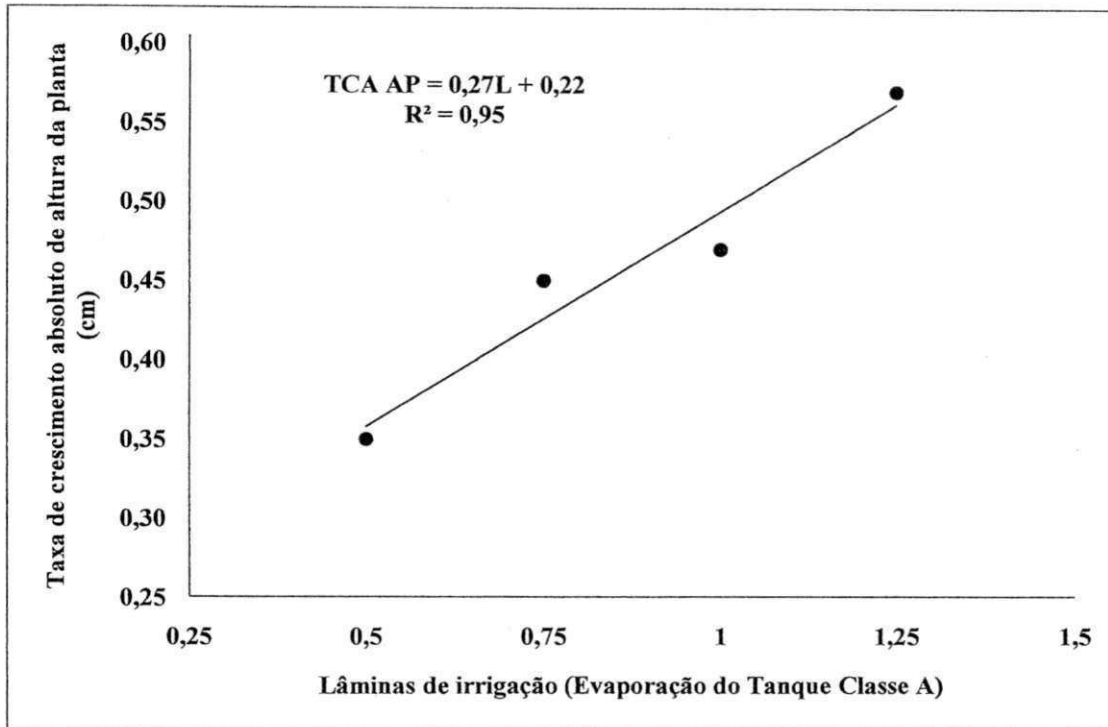
A Tabela 12 apresenta o resumo da análise de regressão para taxa de crescimento absoluta da variável altura do pinhão-mansoso (cm) para os tratamentos estatisticamente significativos.

**Tabela 12** - Resumo da análise de regressão para taxa de crescimento absoluto da variável altura do pinhão-manso (cm) aos 60-90, 90- 120 e 120- 150 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

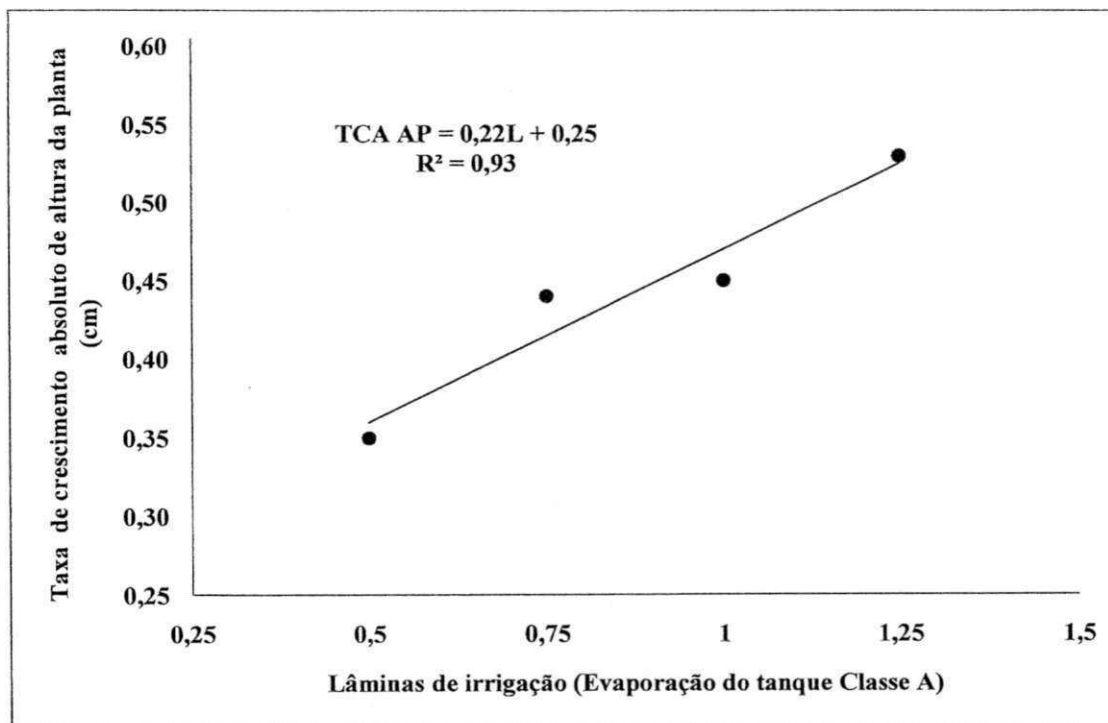
Ajuste	GL	Quadrados Médios		
		60-90 DAT	90 -120 DAT	120-150 DAT
<b>Linear</b>	1	0,1546*	0,0819*	0,0309*
<b>Quadrático</b>	1	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0058 <sup>ns</sup>	0,0016 <sup>ns</sup>
<b>Cúbica</b>	1	0,0056 <sup>ns</sup>	0,0205 <sup>ns</sup>	0,0035 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	35	0,000216	0,0077	0,0015

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade

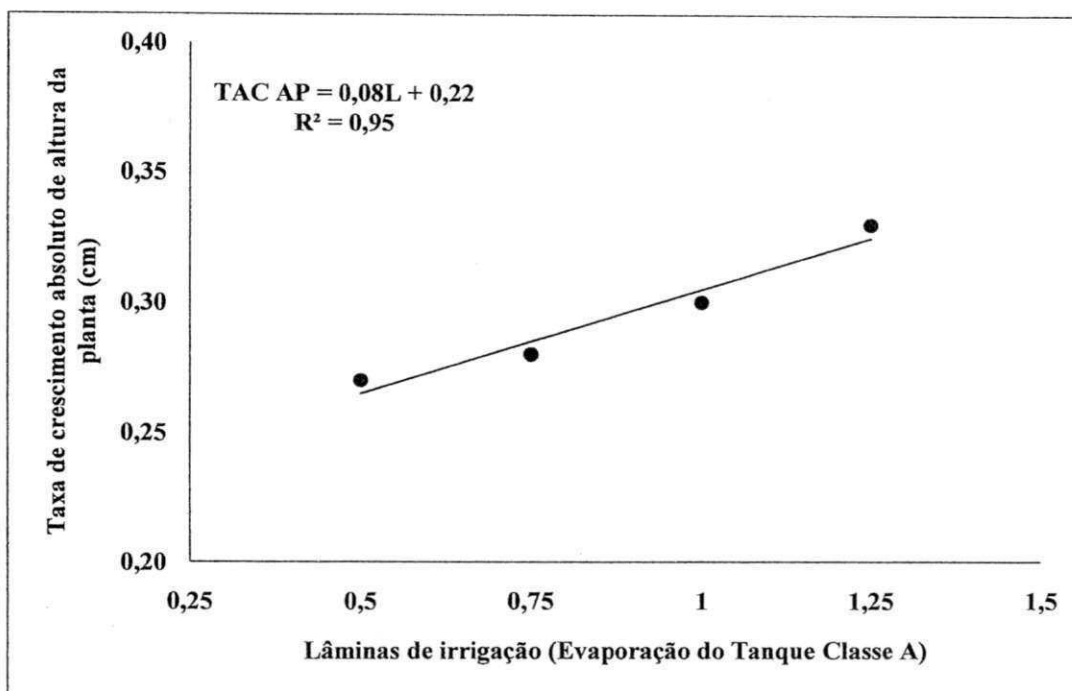
O efeito significativo linear é também constatado nas Figuras 15, 16 e 17, e relatado por Rodrigues et. al. (2008), afirmarem que o conteúdo de água no solo afetou significativamente ( $P < 0,01$ ) a taxa de crescimento da parte aérea da mamoneira nos períodos 30 – 60, 60 – 90 e 90 – 120 dias após a semeadura, com taxas de crescimento dos primeiro e segundo períodos crescentes linearmente, apresentando incrementos, segundo equações matemáticas, superiores a 50%, entre 60% e 120% da reposição da evapotranspiração. Os autores, concluíram que até os 90 dias após a semeadura a taxa de crescimento da altura da mamoneira aumenta linearmente, em função dos níveis crescentes de reposição da água.



**Figura 15** – Variação da taxa de crescimento absoluto de altura do pinhão-mansinho no período de 60-90 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 16** – Variação da taxa de crescimento absoluto de altura do pinhão-mansinho no período de 90-120 DAT em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 17** – Variação da taxa de crescimento absoluto de altura do pinhão-mansó no período de 120-150 DAT em função da lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

### 5.3 Taxa de crescimento relativo de altura da planta (TCRAP)

A análise do crescimento de uma espécie permite estudar sua capacidade de adaptação às condições climáticas da região em que foi introduzida. De acordo com Felipe (1986) o crescimento pode ser analisado através de medidas de comprimento do organismo ou de órgãos desses organismos, sendo que a grande vantagem desta unidade é que a planta é mantida viva, fato imprescindível em certo tipo de experiência em fisiologia, e também quando se trabalha com um pequeno número de plantas. Radford (1987) afirma que a taxa de crescimento relativo (TCR) é o índice fisiológico mais apropriado para comparar efeitos de diferentes manejos agrônômicos, por ser relativo e não depender de pressuposições matemáticas. Segundo Clement & Bovi (2003), em determinadas plantas a análise de crescimento é altamente recomendada, tanto para experimentos agrônômicos como para critério de seleção.

A TCR pode ser considerada um índice de eficiência uma vez que representa a capacidade da planta em produzir material novo, o que é visualizado pelo incremento em altura, em determinado intervalo de tempo.

Apresenta-se, na tabela 13 o resumo da análise de variância para taxa de crescimento relativo da altura do pinhão-manso, nos diferentes intervalos de tempo, quando submetido às diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo. Observa-se efeito significativo das lâminas de irrigação de água a nível de 5% de probabilidade, unicamente para o intervalo 60-90 DAT. Para este período existe um ajuste linear significativo a nível de 1% de probabilidade. A análise de variância, tanto para altura de planta quanto para a taxa de crescimento de altura de planta, permite constatar que não houve diferenças estatísticas para os tratamentos nem para as interações entre eles, significando que os fatores estudados atuaram independentemente, não havendo interação de um com respeito ao outro.

Com exceção do intervalo 90-120 DAT, observou-se homogeneidade da taxa de crescimento relativo em função das lâminas de irrigação (Tabela 14). Flutuações irregulares na curva de crescimento são superpostas por flutuações ambientais que, além do suprimento de água, se encontram ligadas ainda à disponibilidade de luz e umidade do solo e temperatura, entre outros (FELIPPE,1986). O intervalo 60-90 DAT apresenta uma relação crescente da taxa relativa de crescimento em função das lâminas de irrigação (Tabela 14).

**Tabela 13** – Resumo da análise de variância para taxa de crescimento relativo da variável altura do pinhão-mansinho nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de Variação	GL	Dias após o transplante						
		Quadrados médios						
		30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210 -257 DAT
Tratamentos	19	0,000020 <sup>ns</sup>	0,000010*	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (I)	3	0,000035 <sup>ns</sup>	0,000049**	0,000007 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Doses de nitrogênio (N)	3	0,000019 <sup>ns</sup>	0,000007 <sup>ns</sup>	0,000009 <sup>ns</sup>	0,000007 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Níveis versus Doses (IxD)	9	0,000028 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Tratamentos sem cobertura versus tratamentos adicionais com cobertura	1	0,000009 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Contraste linear com cobertura	1	0,000006 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	0,000012 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000014 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>
Erro	38	0,00067	0,000005	0,000003	0,000006	0,000007	0,000005	0,000001
CV(%)	-	8,6	8,96	7,38	9,52	9,8	11,68	11,16

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = grau de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação,

**Tabela 14** - Médias para a variável taxa de crescimento relativo de plantas do pinhão-

-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias da Taxa de Crescimento Relativo da Altura de Plantas (mm/dia)						
	30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
Lâmina 0,50	0,0174	0,0103	0,0078	0,0044	0,0034	0,0039	0,0020
Lâmina 0,75	0,0163	0,0110	0,0081	0,0043	0,0033	0,0040	0,0020
Lâmina 1,00	0,0152	0,0112	0,0082	0,0044	0,0034	0,0039	0,0020
Lâmina 1,25	0,0144	0,0118	0,0082	0,0043	0,0033	0,0037	0,0020

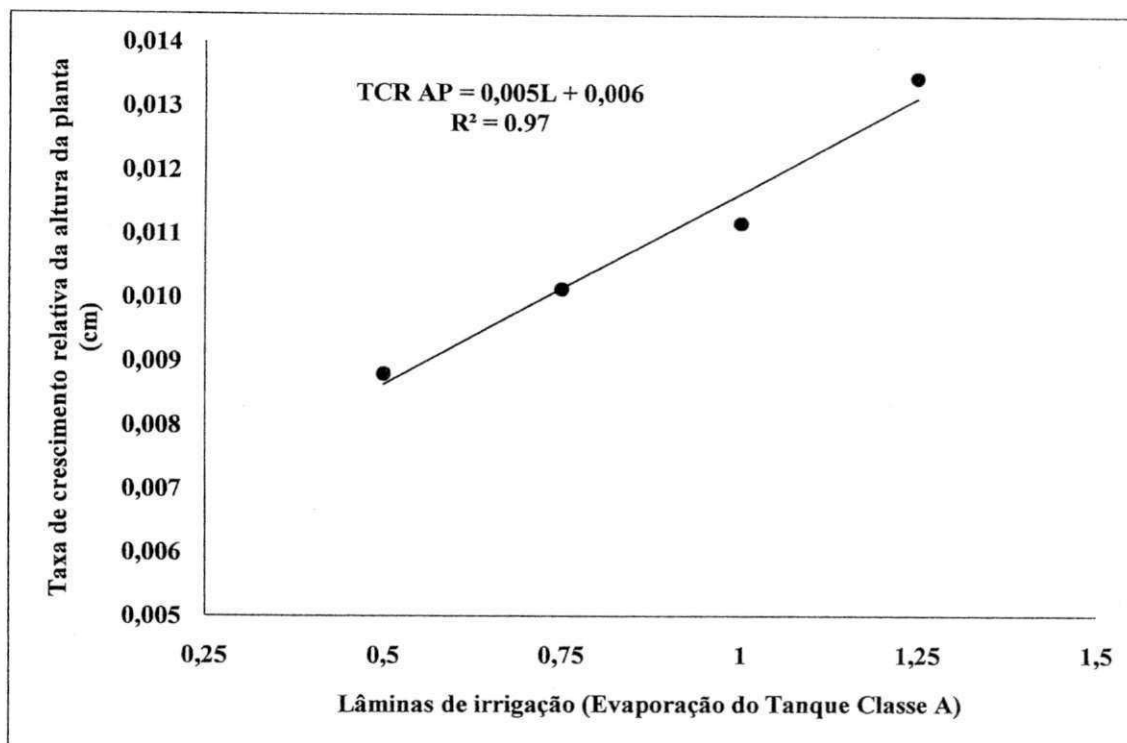
A Tabela 15 apresenta um resumo da análise de regressão para taxa absoluta da altura do pinhão-manso (cm) para os tratamentos significativos encontrados

**Tabela 15.** Resumo da análise de regressão para taxa de crescimento relativo da variável altura do pinhão-manso (cm) no período 60-90 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Ajuste	GL	QM
		60-90 DAT
Linear	1	0,000073**
Quadrático	1	0,0000002 <sup>ns</sup>
Cúbica	1	0,000017**
Erro	35	0,000005

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio

A Figura 18 apresenta a variação da taxa de crescimento relativo da altura do pinhão-manso, no período de 60-90 DAT, em função da lâmina de irrigação (L).



**Figura 18** – Variação da taxa de crescimento relativo da altura do pinhão-manso, no período de 60-90 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

Este ajuste linear com coeficiente de determinação (0,97) está de acordo com os resultados encontrados por Rodrigues et al., (2008) que, avaliando a taxa de crescimento relativo da variável altura para o mamoeiro, observaram que as equações lineares se ajustaram melhor aos dados da primeira e terceira avaliação com incrementos mais acentuados entre os diferentes níveis, na TCR de 30 – 60 DAS. Silva (2009), trabalhando com pinhão-manso, observou, através da análise de regressão, que as lâminas de água da ETc influenciaram significativamente a taxa de crescimento nos períodos 18-60 e 270-312 DAT, diferindo estatisticamente a nível de 0,01 de probabilidade no primeiro período e a nível de 0,05 de probabilidade no segundo período, pelo teste F.

#### 5.4 Diâmetro Caulinar (DC)

A análise de crescimento não destrutiva visa estudar o aumento dos fitossistemas eucarióticos, sem destruir as plantas e, assim, os mesmos indivíduos podem ser mensurados durante o ciclo biológico tendo como principal variável mensurada para este fim o diâmetro caulinar; tal método tem sido bastante utilizado para investigação do efeito de fenômenos ecológicos sobre o crescimento na adaptabilidade de espécies em



ecossistemas diversos, efeito de competição de cultivares e influência de práticas agronômicas sobre o crescimento (Silva et al., 2000 e Magalhães,1979).

Na Tabela 16 observa-se que as lâminas de irrigação promoveram efeitos significativos na variável de crescimento do diâmetro caulinar, a nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ) nos períodos de 120 a 257 dias após transplantio. O mesmo efeito significativo a nível de 1% de probabilidade pode ser observado no período de 120 a 210 dias após o transplante para o contraste que compara os tratamentos sem cobertura do solo com os tratamentos com cobertura do solo. Observa-se que, em geral, o diâmetro do caule aumentou com as lâminas de água e com o tempo (Tabela 17); desta forma a maior altura foi obtida aos 257 DAS, no tratamento que recebeu a maior quantidade de água.

**Tabela 16** – Resumo da Análise de variância para variável diâmetro caulinar do pinhão-mansão (mm) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Dias após o transplante (DAT)							
		Quadrados Médios							
		30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Tratamentos	19	2,70 <sup>NS</sup>	5,95 <sup>NS</sup>	5,89 <sup>NS</sup>	13,28 <sup>**</sup>	21,39 <sup>**</sup>	33,13 <sup>**</sup>	52,92 <sup>**</sup>	94,62 <sup>**</sup>
Lâminas de água (I)	3	4,50 <sup>NS</sup>	5,61 <sup>NS</sup>	16,20 <sup>NS</sup>	45,48 <sup>**</sup>	67,99 <sup>**</sup>	99,69 <sup>**</sup>	161,37 <sup>**</sup>	532,90 <sup>**</sup>
Doses de nitrogênio (N)	3	2,10 <sup>NS</sup>	5,40 <sup>NS</sup>	4,83 <sup>NS</sup>	5,67 <sup>NS</sup>	5,36 <sup>NS</sup>	5,10 <sup>NS</sup>	6,64 <sup>NS</sup>	2,49 <sup>NS</sup>
Níveis vs Doses (IxD)	9	1,74 <sup>NS</sup>	5,19 <sup>NS</sup>	2,69 <sup>NS</sup>	3,61 <sup>NS</sup>	6,47 <sup>NS</sup>	5,77 <sup>NS</sup>	5,75 <sup>NS</sup>	8,77 <sup>NS</sup>
Tratamentos sem cobertura vs Tratamentos adicionais com cobertura	1	4,28 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	16,07 <sup>NS</sup>	49,94 <sup>**</sup>	122,16 <sup>**</sup>	234,90 <sup>**</sup>	416,65 <sup>**</sup>	26,45 <sup>NS</sup>
Contraste linear com cobertura	1	3,16 <sup>NS</sup>	12,18 <sup>NS</sup>	2,94 <sup>NS</sup>	8,75 <sup>NS</sup>	11,62 <sup>NS</sup>	16,97 <sup>NS</sup>	22,58 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	0,59 <sup>NS</sup>	5,85 <sup>NS</sup>	6,89 <sup>NS</sup>	11,17 <sup>NS</sup>	11,16 <sup>NS</sup>	11,16 <sup>NS</sup>	11,17 <sup>NS</sup>	16,00 <sup>NS</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	7,787 <sup>NS</sup>	16,22 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	1,37 <sup>NS</sup>
Erro	35	1,82	4,41	7,24	3,45	3,05	6,81	11,74	15,22
CV(%)	-	14,6	15,8	11,69	6,58	5,39	7,14	8,32	7,56

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação

**Tabela 17** – Médias para variável diâmetro caulinar do pinhão-mansão (mm) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias do Diâmetro de Plantas (mm)							
	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Lâmina 0,50	5,65	12,80	22,16	27,66	30,98	34,31	38,20	50,08
Lâmina 0,75	5,90	13,24	23,02	28,27	32,40	36,53	41,13	51,38
Lâmina 1,00	6,02	13,66	23,35	27,84	31,95	36,06	40,44	51,96
Lâmina 1,25	6,24	13,60	23,63	27,50	31,98	36,45	41,05	51,91

A Tabela 18 apresenta o resumo da análise de regressão para o diâmetro caulinar do pinhão-mansão para os tratamentos estatisticamente significativos, e se nota que o período de 120 se ajustou significativamente com 5% de probabilidade, ao modelo linear, e os demais períodos se ajustaram significativamente com 1% de probabilidade, aos mesmos modelos matemáticos já citados.

**Tabela – 18** Resumo da análise de regressão para variável diâmetro caulinar do pinhão-mansão (cm) aos 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Ajuste	GL	Quadrados Médios				
		120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Linear	1	15,58*	180,87**	312,29**	546,08**	1411,25**
Quadrático	1	21,39*	115,17**	143,28**	193,65**	150,81**
Cúbica	1	6,46 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	6,58 <sup>ns</sup>	46,00 <sup>ns</sup>
Erro	35	3,45	5,68	6,67	10,46	14,23

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, NS = não significativo, GL = graus de liberdade

Albuquerque (2008) obteve, trabalhando com pinhão-mansão, resultados semelhantes com efeito significativo de 5% de probabilidade para o ajuste linear do crescimento do diâmetro caulinar quando submetido a diferentes níveis de água disponível no solo.

O diâmetro caulinar foi menor nas condições de baixa umidade do solo; observou-se entretanto, na Tabela 19, que nos períodos de 120, 150, 180 e 210 dias após o transplante os tratamentos com cobertura do solo foram mais eficientes quando comparados com os tratamentos sem cobertura do solo. Queiroga et. al., (2002) observaram que, a partir do 50º dia, o uso de cobertura do solo, independentemente da fonte de cobertura, proporcionou resultados superiores ao tratamento sem utilização de cobertura do solo. A proteção do solo com cobertura plástica promove incrementos na produção das plantas, aumenta a água disponível no solo, fornece nutrientes essenciais às plantas (Cadavid *et al.*, 1998), reduz a perda de água por evaporação, resultando em maior crescimento da parte aérea, sistema radicular na camada superficial e reduz a flutuação da temperatura na superfície do solo (Gill *et al.*, 1996).

**Tabela 19** - Resumo do teste de Scheffé para o diâmetro caulinar do pinhão-mansão (mm) nos períodos de 120, 150, 180 e 210 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Média do diâmetro caulinar da planta			
	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT
Solo sem cobertura	27,84a	32,25a	35,57a	39,86a
Solo com cobertura	30,03b	35,28b	40,52b	46,44b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

As Figuras 19, 20, 21, 22 e 23, apresentadas na continuação, mostram as curvas de regressão e respectivas equações e Coeficientes de Determinação. Nessas figuras se observa uma variação de 0,10 entre o menor e o maior do Coeficiente de Determinação. Esta variação é acentuada pelo alto dispersão dos dados experimentais do diâmetro caulinar aos 257 DAT, apesar do modelo polinomial não ser indicado para explicar fenômenos biológicos (Calbo et al., 1989b), neste caso porém, o comportamento da cultivar segue tendências, através das quais, o modelo explica, em 97%, como pode ser visto, por exemplo, na Figura 19. Corroborando com o observado aqui, Benincasa (2003) salienta que a utilização de regressão (como a equação polinomial) para representar a progressão do crescimento ao longo do ciclo, permite avaliar, de forma precisa, variações no padrão de crescimento de plantas.

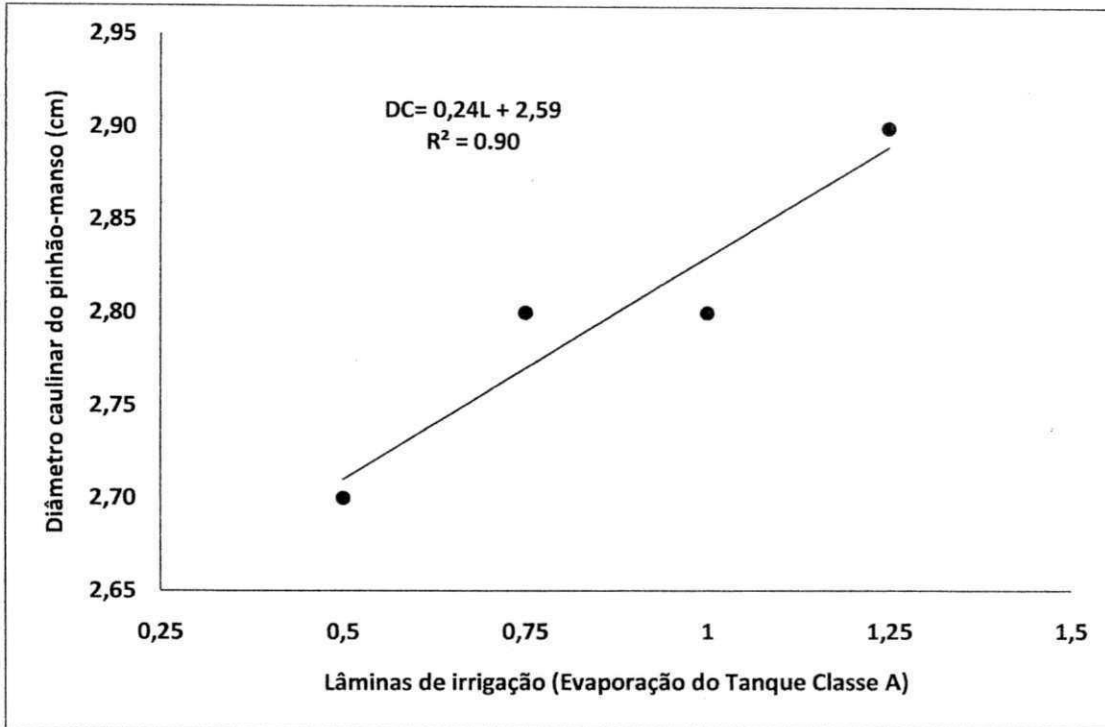


Figura 19 – Variação do diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

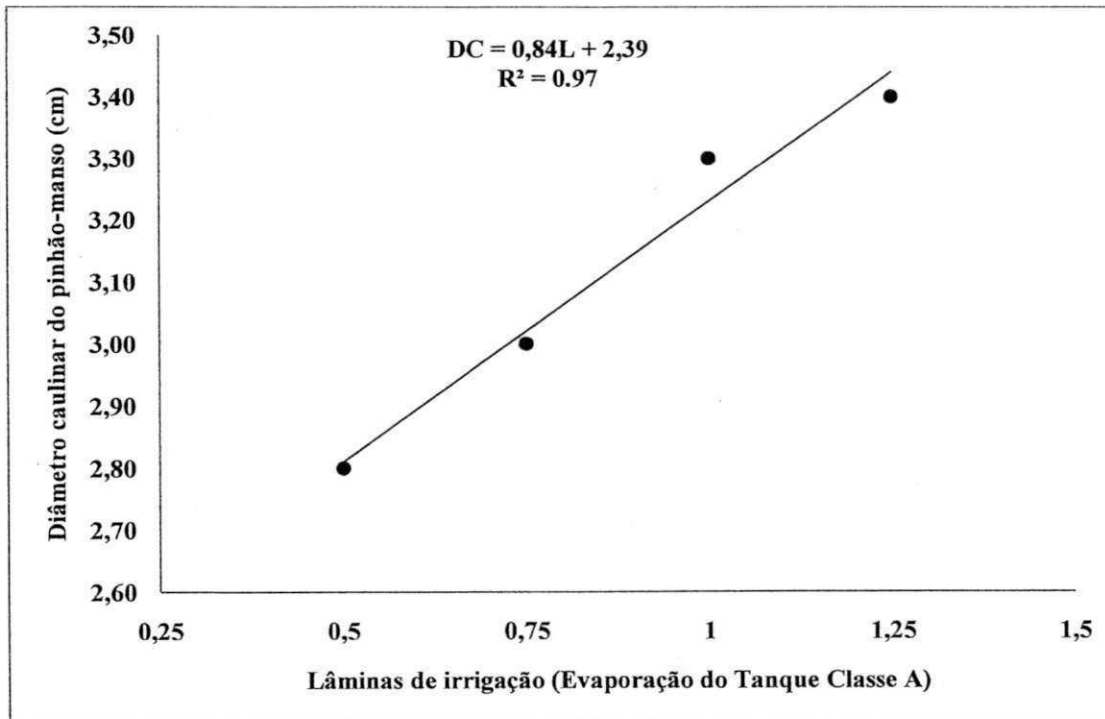
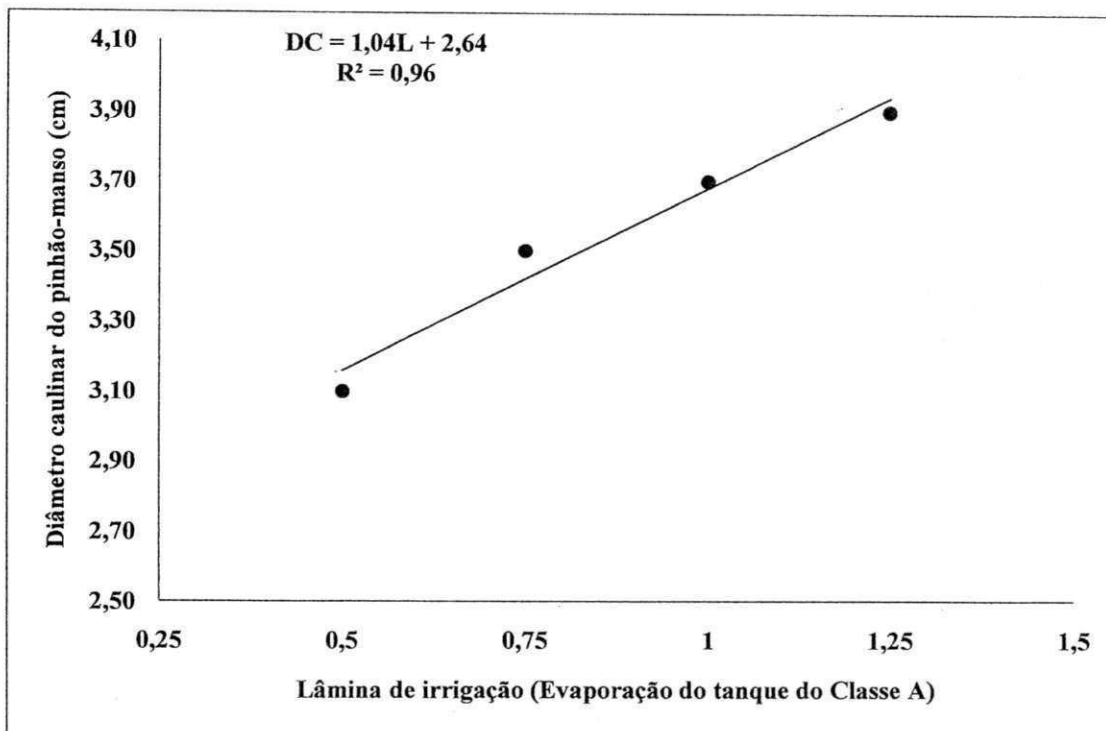
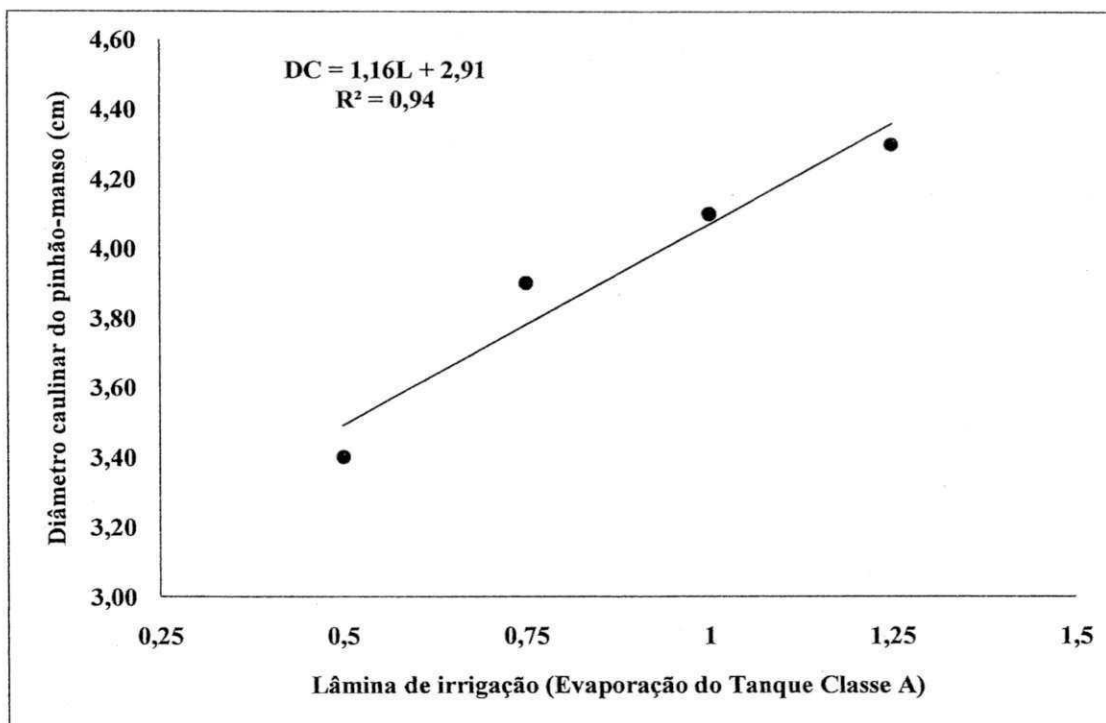


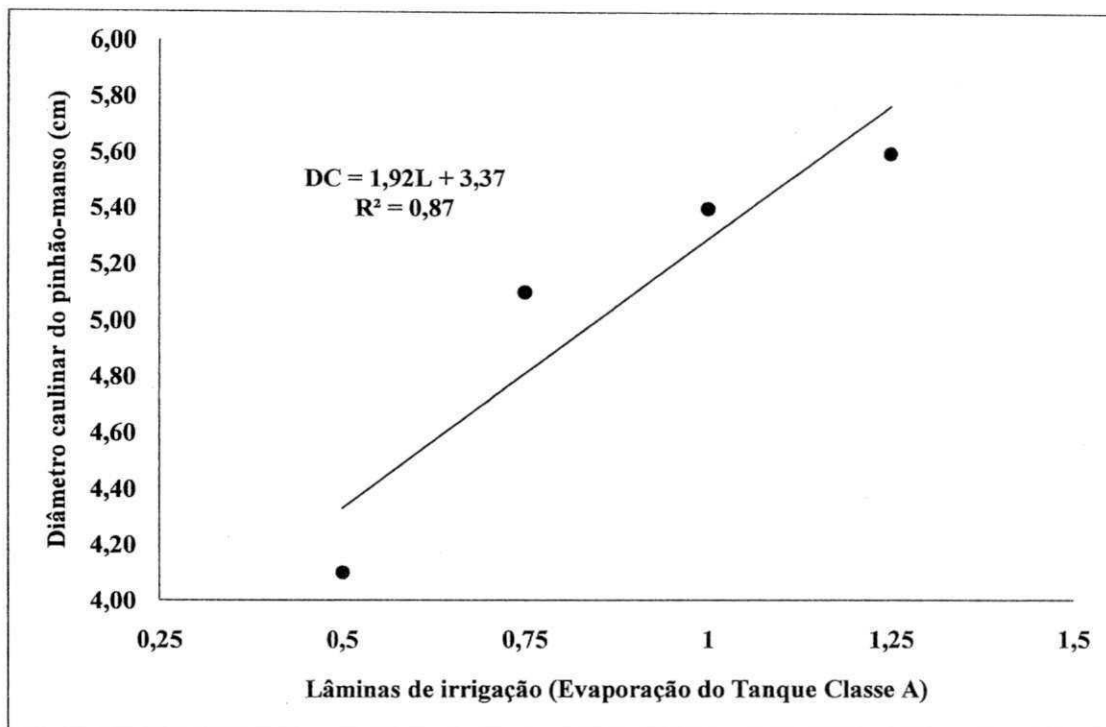
Figura 20 – Variação do diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 21** – Variação do diâmetro caulinar do pinhão-mansinho aos 180 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 22** – Variação do diâmetro caulinar do pinhão-mansinho aos 210 DAT, em função da lâmina de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 23** – Variação do diâmetro caulinar do pinhão-mansão aos 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

### 5.5 Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCAD)

Observa-se, na tabela 20 que a taxa de crescimento absoluto teve efeito significativo com nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ) nos períodos de 90-120 e 120-150 dias após transplante. Silva (2009) avaliando esta mesma variável em experimento com pinhão-mansão em casa de vegetação, constatou que a taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar foi influenciada significativamente ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ), pelos níveis de reposição da evapotranspiração em vários períodos, sendo a maior taxa de crescimento entre os tratamentos observados no período de 60 dias após o transplante.

**Tabela 20** – Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-mansão nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de Variação	GL	Dias após o transplante						
		Quadrados médios						
		30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210 -257 DAT
Tratamentos	19	0,007658 <sup>ns</sup>	0,00671 <sup>ns</sup>	0.32890**	0,13400**	0.000329 <sup>ns</sup>	0,00025 <sup>ns</sup>	0.024988 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (I)	3	0,017224 <sup>ns</sup>	0,011332 <sup>ns</sup>	0.30183**	0,22330 **	0.000766 <sup>ns</sup>	0,000234 <sup>ns</sup>	0.003956 <sup>ns</sup>
Doses de nitrogênio (N)	3	0,004327 <sup>ns</sup>	0,002318 <sup>ns</sup>	0.003143 <sup>ns</sup>	0,000470 <sup>ns</sup>	0.001767 <sup>ns</sup>	0,000470 <sup>ns</sup>	0.004666 <sup>ns</sup>
Níveis versus doses (IxD)	9	0,020364 <sup>ns</sup>	0,013412 <sup>ns</sup>	0.003268 <sup>ns</sup>	0,000656 <sup>ns</sup>	0.002768 <sup>ns</sup>	0,000706 <sup>ns</sup>	0.005377 <sup>ns</sup>
Tratamentos sem cobertura versus tratamentos adicionais com cobertura	1	0,001360 <sup>ns</sup>	0,002360 <sup>ns</sup>	0.003393 <sup>ns</sup>	0,0001243 <sup>ns</sup>	0.003769 <sup>ns</sup>	0,000942 <sup>ns</sup>	0.006087 <sup>ns</sup>
Contraste linear com cobertura	1	0,000810 <sup>ns</sup>	0,000740 <sup>ns</sup>	0.003518 <sup>ns</sup>	0,001009 <sup>ns</sup>	0.00477 <sup>ns</sup>	0,001178 <sup>ns</sup>	0.006798 <sup>ns</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	0,012033 <sup>ns</sup>	0,03048 <sup>ns</sup>	0.003643 <sup>ns</sup>	0,001129 <sup>ns</sup>	0.005771 <sup>ns</sup>	0,001414 <sup>ns</sup>	0.007508 <sup>ns</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	0,001407 <sup>ns</sup>	0,0011338 <sup>ns</sup>	0.003768 <sup>ns</sup>	0,001149 <sup>ns</sup>	0.006772 <sup>ns</sup>	0,001650 <sup>ns</sup>	0.008219 <sup>ns</sup>
Erro	38	0,063202	0,016702	0,00787	0,0098200	0,93870	0,004200	0,09673
CV(%)	-	13,87	14,11	16,31	13,84	12,48	15,26	13,94

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação



A Tabela 21 apresenta as Médias da Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro de Plantas (mm/dia) para todos os períodos estudados

**Tabela 21** – Médias para a variável taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias da Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro de Plantas (mm/dia)						
	30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
Lâmina 0,50	0,24	0,31	0,18	0,11	0,11	0,13	0,25
Lâmina 0,75	0,24	0,32	0,17	0,12	0,12	0,14	0,25
Lâmina 1,00	0,25	0,32	0,15	0,14	0,13	0,15	0,25
Lâmina 1,25	0,25	0,33	0,13	0,15	0,15	0,15	0,23

Observa-se que, com exceção dos períodos 90-120 e 120-150, os tratamentos de água e, em geral, todos os tratamentos e interações não afetaram a taxa de crescimento absoluto do pinhão-manso; desta forma o comportamento da Taxa de Crescimento Relativo do pinhão-manso foi similar ao da Taxa de Crescimento Absoluto.

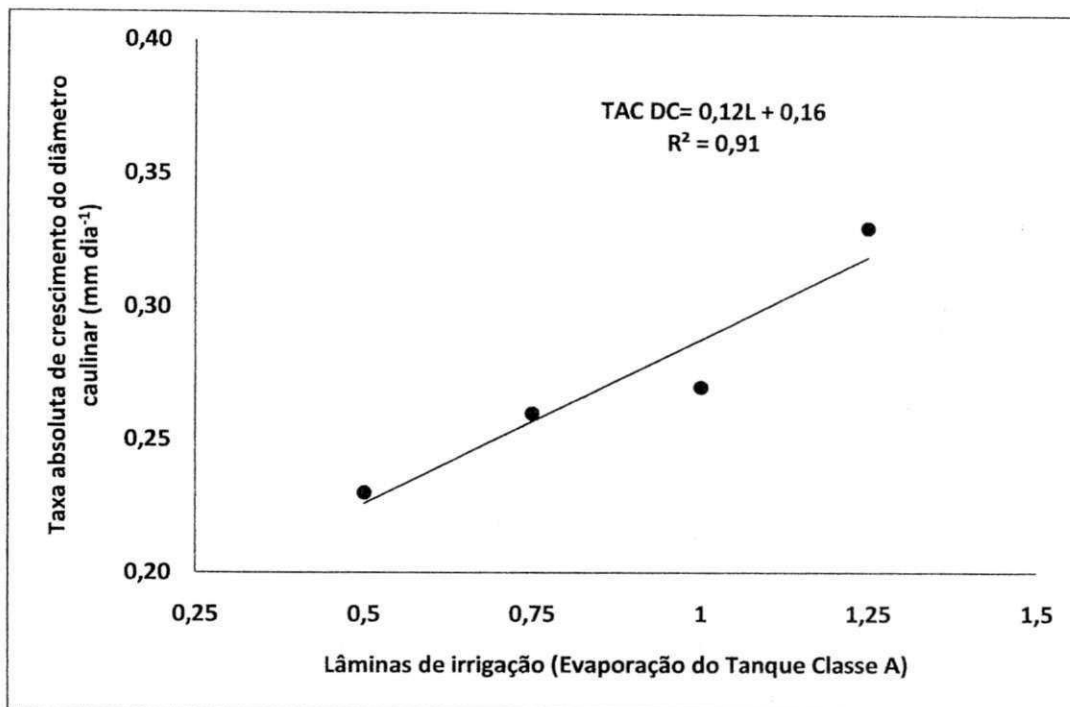
Observa-se, na tabela 22 o resumo da análise de regressão para a taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-manso (cm) para os tratamentos significativos encontrados. Tem-se que o modelo linear foi significativo com 1% de probabilidade para a taxa absoluta do diâmetro caulinar do pinhão-manso nos períodos de 90 a 120 e 120 a 150 DAT. Este mesmo comportamento linear foi observado por Silva (2009), o qual relatou que o pinhão-manso quando cultivado em condições de elevados teores de umidade do solo, apresentou maiores taxas de crescimento absoluto no diâmetro caulinar. Este aumento no crescimento das plantas se relaciona tanto ao fator nível de umidade do solo quanto com a qualidade da água de irrigação que possui, em sua composição, nutrientes essenciais ao crescimento dos vegetais.

**Tabela 22-** Resumo da análise de regressão para a taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-mansó (mm/dia) nos períodos de 90-120 e 120- 150 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação da evaporação e doses de nitrogênio, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

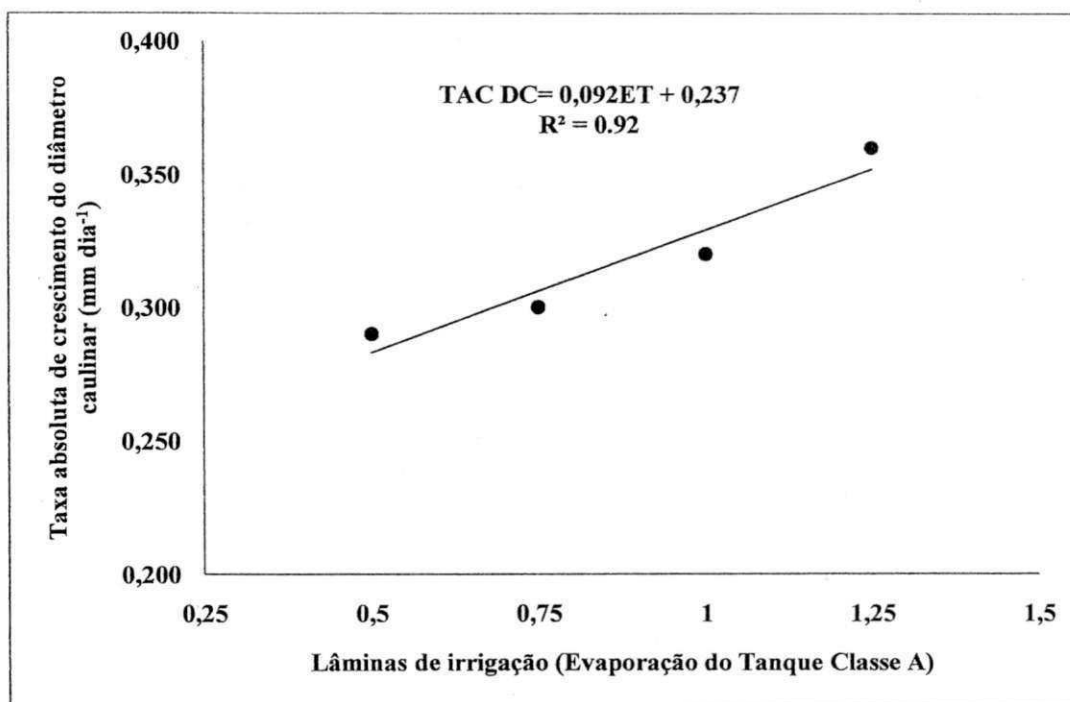
Ajuste	GL	Quadrados Médios	
		90-120 DAT	120 -150 DAT
Linear	1	0,032393**	0,038608**
Quadrático	1	0,001899 <sup>ns</sup>	0,000139 <sup>ns</sup>
Cúbica	1	0,002271 <sup>ns</sup>	0,000011 <sup>ns</sup>
Erro	35	0,001710	0,000625

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade

As Figuras 24 e 25 apresentam as curvas de regressão e suas respectivas Equações e Coeficientes de Determinação. Observou-se que o efeito das lâminas de irrigação aumentou a taxa de crescimento absoluto, de forma positiva, nos dois períodos que foram estatisticamente significativos, com coeficiente de determinação de 0,91 e 0,92 respectivamente. Referidos resultados são semelhantes, conforme Santos et al. (2008), quando, relatam que as plantas do pinhão-mansó apresentaram, no seu primeiro ano de cultivo, um crescimento vegetativo de suas estruturas, de forma irregular, quando submetidas a diferentes lâminas de irrigação



**Figura 24** – Variação da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-mansão no período de 90-120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 25** – Variação da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-mansão no período de 20-150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

## 5.6 Área foliar (AF)

Nos processos fotossintéticos e, conseqüentemente, na produção de fitomassa, são vários os fatores envolvidos. As folhas assumem elevada importância nos processos morfofisiológicos da planta, pois é através delas que a planta intercepta a energia solar e potencializa sua produção. Portanto, a quantificação desta característica assume grande importância em estudos com os quais se pretende quantificar o crescimento e o desenvolvimento vegetal (Silva, 2009).

Assim como observado para a altura da planta e o diâmetro caulinar constatase na Tabela 23, que a área foliar foi influenciada, a 1% de probabilidade, pelas lâminas de irrigação, a partir dos 90 dias após o transplante, significância esta expandida também para o fator cobertura, do solo nos mesmos períodos.

**Tabela 23** – Resumo da Análise de variância para a variável área foliar do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Dias após o transplante (DAT)							
		Quadrados Médios							
		30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Tratamentos	19	0,069 <sup>NS</sup>	0,0095 <sup>NS</sup>	15,89**	14,88**	31,49**	24,17**	62,92**	84,62**
Lâminas de água de água (I)	3	0,035 <sup>NS</sup>	0,0061 <sup>NS</sup>	16,20**	56,18**	76,98**	78,69**	121,37**	32,90**
Doses de nitrogênio (N)	3	0,001 <sup>NS</sup>	0,0005 <sup>NS</sup>	1,83 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>	0,064 <sup>NS</sup>	0,384 <sup>NS</sup>
Níveis vs doses (IxD)	9	0,003 <sup>NS</sup>	0,0019 <sup>NS</sup>	2,69 <sup>NS</sup>	1,61 <sup>NS</sup>	1,47 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,0575 <sup>NS</sup>	0,978 <sup>NS</sup>
Tratamentos sem cobertura vs Tratamentos adicionais com cobertura	1	0,028 <sup>NS</sup>	0,003 <sup>NS</sup>	17,07**	48,84**	72,16**	84,10**	113,65**	122,8**
Contraste linear com cobertura	1	0,016 <sup>NS</sup>	0,0128 <sup>NS</sup>	0,094 <sup>NS</sup>	3,75 <sup>NS</sup>	1,52 <sup>NS</sup>	16,97 <sup>NS</sup>	0,0258 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	0,059 <sup>NS</sup>	0,0435 <sup>NS</sup>	6,89 <sup>NS</sup>	1,18 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,016 <sup>NS</sup>	1,17 <sup>NS</sup>	5,04 <sup>NS</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	0,078 <sup>NS</sup>	0,038 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,053 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	1,37 <sup>NS</sup>
Erro	38	0,8200	0,4980	3,24	2,45	4,05	2,81	5,74	3,22
CV(%)	-	12,6	15,8	11,69	7,68	10,39	9,14	12,32	7,56

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação

O fator dose de nitrogênio, a interação entre as doses de nitrogênio e as lâminas de irrigação não tiveram efeitos significativos.

Embora reconhecida como cultura recomendada para regiões áridas e semiáridas, tolerante a restrições na disponibilidade de água, alguns autores descrevem a espécie com respostas positivas ao uso de irrigação, fato este comprovado neste trabalho, quando se observou a significância de 1% de probabilidade para o fator lâminas de irrigação. Openshaw (2000), relata que o pinhão-manso responde muito bem à irrigação, interferindo diretamente nas variáveis do crescimento na produção; resultados semelhantes foram encontrados para a mamona, por diferentes autores (BARROS JUNIOR, 2007, LACERDA, 2006).

**Tabela 24** – Médias para a variável área foliar do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias da Área Foliar de Plantas (m <sup>2</sup> )							
	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Lâmina 0,50	0,1367	0,1842	0,2468	0,5304	0,958	1,3781	1,7139	2,4198
Lâmina 0,75	0,1453	0,2132	0,4141	1,3991	1,9694	2,7618	3,0372	4,9502
Lâmina 1,00	0,1498	0,2156	0,5093	1,5710	2,2700	4,0348	4,5800	6,7700
Lâmina 1,25	0,1542	0,2256	0,6823	1,9853	2,5700	4,2400	5,1789	7,0859

Na tabela 24 é possível constatar que a área foliar do pinhão, a partir dos 90 dias, sofreu considerável aumento à medida em que o conteúdo de água no solo aumentou. Aparentemente até os 90 dias 20 DAS o efeito do estresse hídrico ainda não se fazia presente; para as demais épocas de avaliação (90 a 257 DAT) os resultados apresentaram diferenças significativas a nível de 1 % de probabilidade ( $P < 0,01$ ) para lâmina de irrigação. Observa-se, assim, que a maior área foliar foi obtida aos 257 dias com a lâmina de irrigação igual a 1,25 x Evaporação do Tanque Classe A.

Para todos os períodos estatisticamente significativos procederam-se os desdobramentos dos graus de liberdade do fator lâmina de irrigação (Tabela 26). Os dados que melhor se adaptaram aos diferentes tratamentos foram para regressão linear, semelhante aos resultados apresentados por Sepúlveda & Kliwer (1983); Smith & Kliwer, com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 90 para ajuste de regressão

na área foliar; já Pedro Júnior et al. (1986) e Manivel & Weaver (1974) obtiveram ajustes quadráticos. Pode-se observar que o aumento da umidade do solo ocasionou, aos 60 dias após o transplante, o aumento na AF entre os tratamentos 0,5 e 1,25 de 0,25 para 0,68 m<sup>2</sup>, ou seja, um incremento de 63% na área foliar (Tabela 24). Observa-se ainda uma amplitude maior deste incremento aos 257 dias após o transplante, com incremento acima de 70% entre os níveis maiores e menores de reposição da água. Pode-se afirmar, ante esses resultados que das variáveis de crescimento estudadas neste trabalho a área foliar foi a mais sensível ao estresse hídrico. Segundo Lecoeur & Sinclair (1996), isto é relativamente comum na atividade agrícola e possui um impacto significativo no crescimento e desenvolvimento das plantas. Os processos morfológicos e fisiológicos das plantas, que são dependentes da turgescência dos tecidos, são particularmente sensíveis à redução da disponibilidade de água no solo. A área foliar apresenta alta susceptibilidade ao déficit hídrico. Trabalhos de Nesmith & Ritchie (1992), Carlesso (1993) e Paez et al. (1995), demonstram que a intensificação do déficit hídrico ao longo do ciclo da planta reduz significativamente a área foliar.

**Tabela 25** – Resumo da Análise de regressão para a área foliar do pinhão-mansão aos 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Ajuste	GL	Quadrados Médios					
		90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Linear	1	0,0123**	0,0157**	0,870**	0,029**	0,0198**	0,825**
Quadrático	1	0,02445**	0,0957**	0,170**	0,0288**	0,0650**	00,81**
Cúbica	1	0,000387 <sub>ns</sub>	0,000046 <sub>ns</sub>	0,00056 <sub>ns</sub>	0,00036 <sub>ns</sub>	0,00016 <sub>ns</sub>	0,0001 <sub>ns</sub>
Erro	35	0,00065	0,000856	0,0097	0,00076	0,0013	0,0023

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, NS = não significativo, GL = graus de liberdade

Nos períodos de 90 e 120 dias após o transplante, os tratamentos com cobertura do solo foram superiores a todos os tratamentos sem cobertura do solo, resultados que podem ser avaliados ainda melhor quando se observa a Tabela 26, que contém o resumo do contraste dos tratamentos fatoriais versus os tratamentos adicionais para todos os períodos do experimento. Consta-se que em todos os períodos o fator cobertura do solo exerceu influência superior na variável área foliar, quando comparado com o

tratamento sem cobertura. Resultados semelhantes foram observados por Saturnino et al. (2005) que descrevem o uso de gotejamento, microaspersão e sulcos de infiltração no Norte do estado de Minas Gerais (Brasil); conjuntamente com essas técnicas, níveis de irrigação; o uso de cobertura morta contribuiu para diminuir o consumo de água de irrigação. No mesmo estudo em Janaúba, MG (Brasil), os plantios avaliados apresentam crescimento linear para maiores lâminas de água de água.

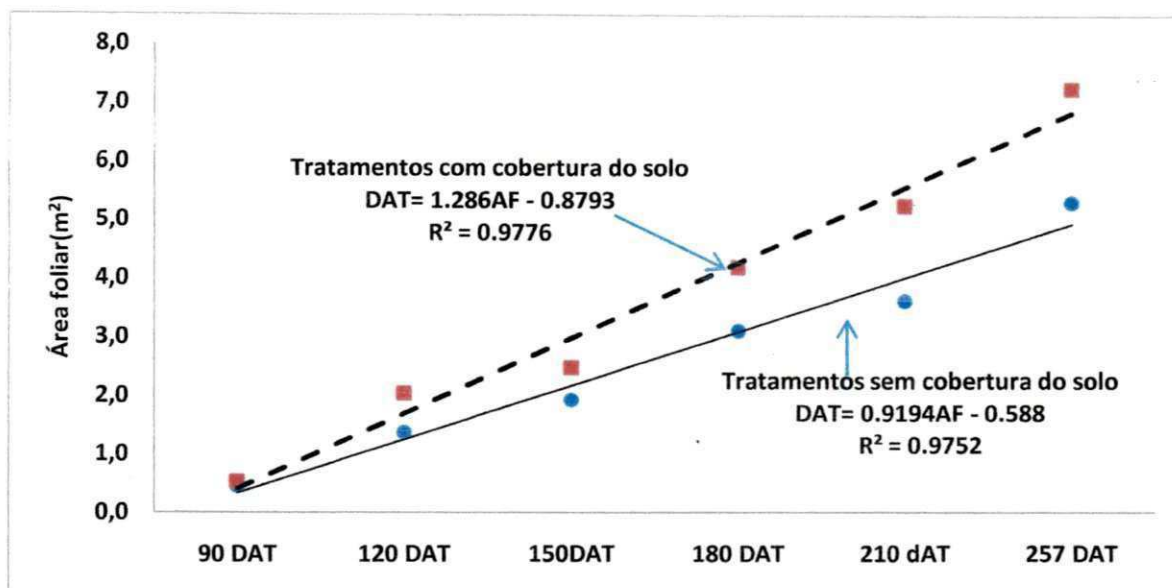
**Tabela 26** - Resumo do teste de Scheffé para a área foliar do pinhão-manso ( $m^2$ ) nos períodos de 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Média da área foliar ( $m^2$ )					
	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
Solo sem cobertura	0,45a	1,37a	1,93a	3,11a	3,62a	5,3a
Solo com cobertura	0,52b	2,04b	2,48b	4,19b	5,24b	7,26b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scheffé a 1% de probabilidade

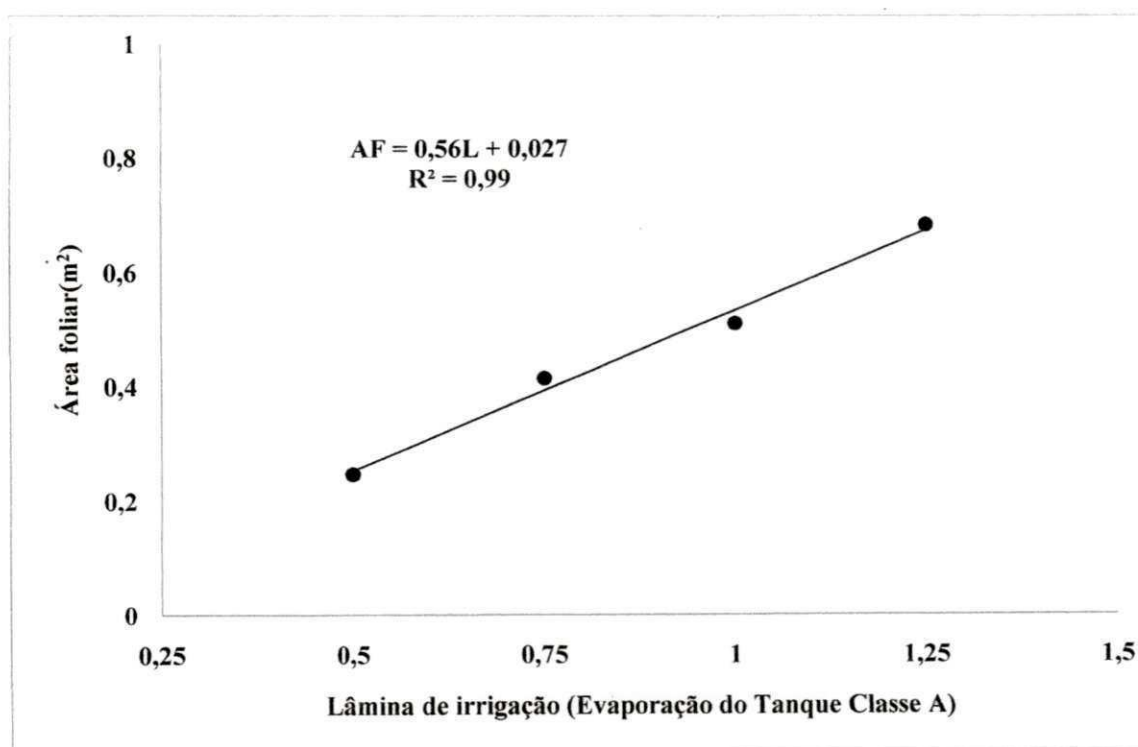
A Figura 26 apresenta a variação da área foliar do pinhão-manso para os períodos que apresentaram significância estatística em função da cobertura do solo e das lâminas de irrigação. Pode-se observar a qualidade do ajuste linear para ambos os fatores e a superioridade da área foliar nos tratamentos com cobertura do solo. Esses resultados podem ser explicados por LECOEUR & SINCLAIR (1996) que demonstram que a elongação e a transpiração das folhas não são seriamente afetadas se a água disponível do solo é maior que 40%, decrescendo se esta diminui deste valor: assim é provável que nos solos cobertos o conteúdo de água do solo não tenha baixado deste valor; as diferenças encontradas sugerem que, possivelmente, elas estejam associadas aos diferentes tipos de solo (coberto e descoberto) onde as plantas foram cultivadas.



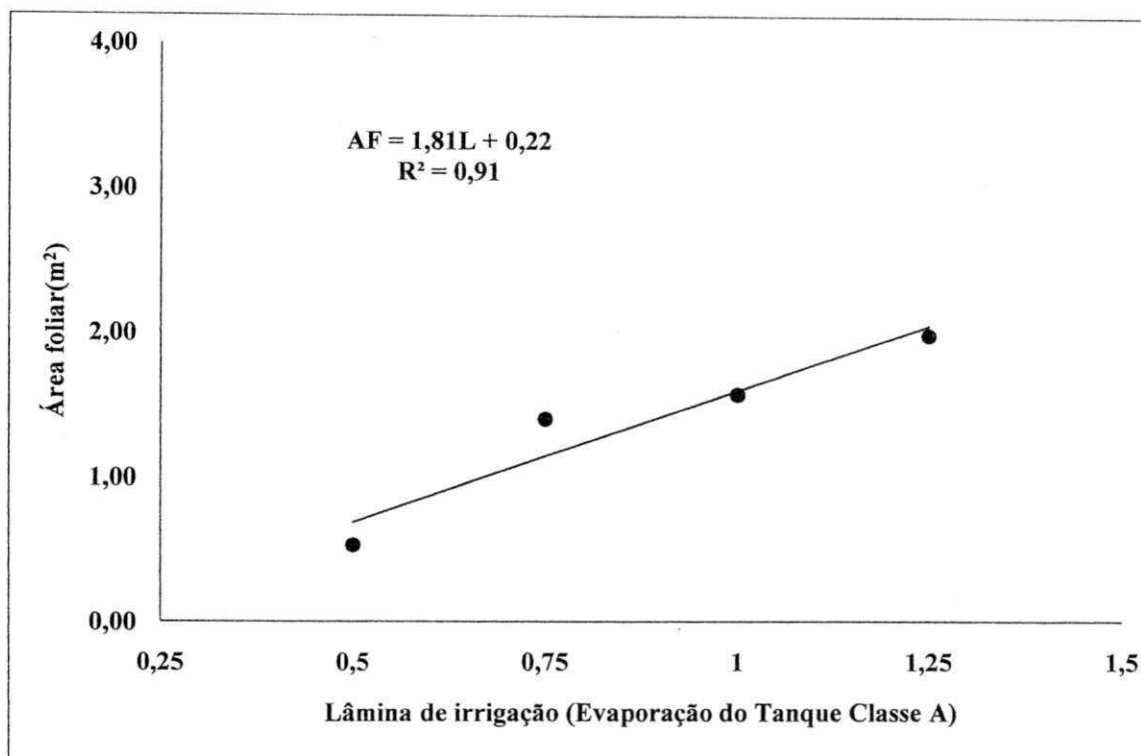


**Figura 26** - Variação da área foliar do pinhão manso para os períodos que apresentaram significância estatística em função da cobertura do solo e das lâminas de irrigação

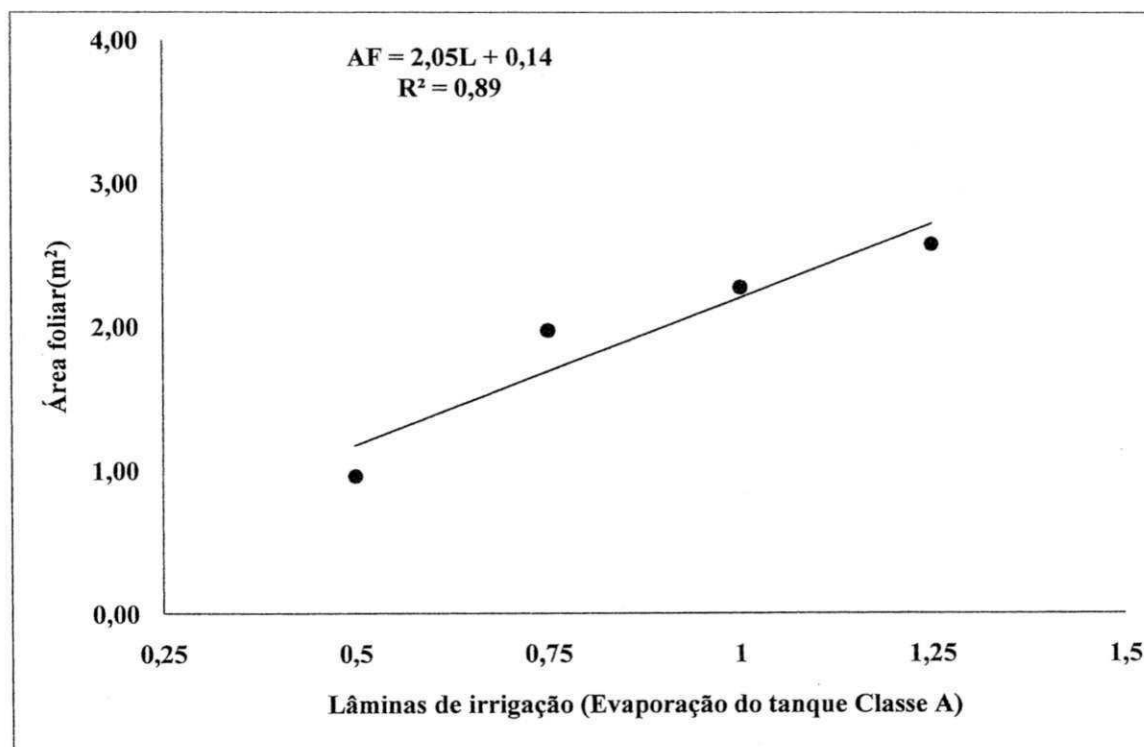
As Figuras 27 a 32 apresentam as curvas de regressão da relação área foliar versus lâminas de irrigação para o pinhão-manso, com suas respectivas equações e coeficientes de determinação.



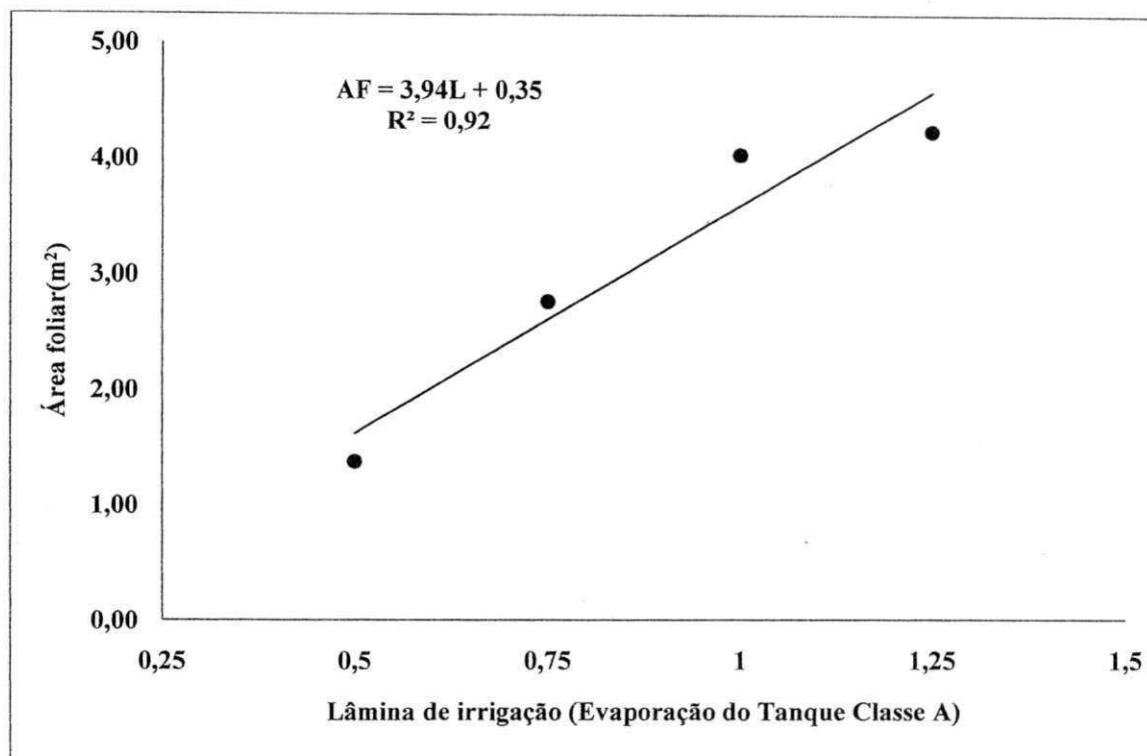
**Figura 27** – Variação da área foliar do pinhão-manso aos 90 DAT, em função da lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



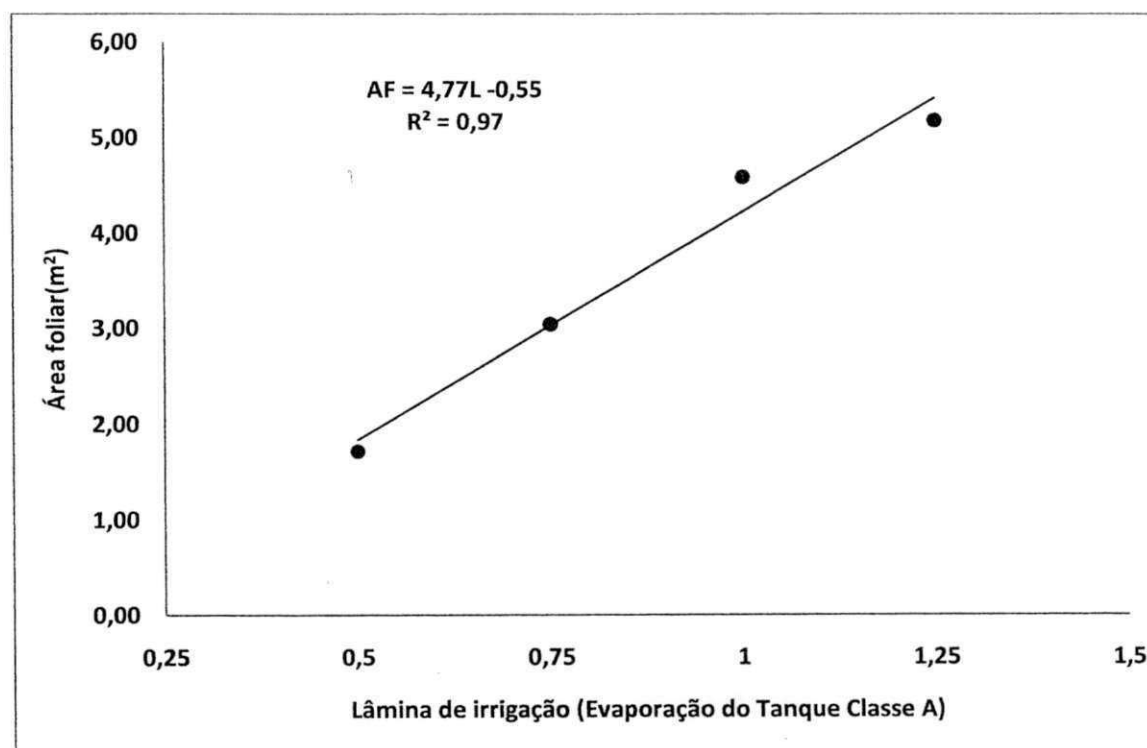
**Figura 28** – Variação da área foliar do pinhão-mansó aos 120 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



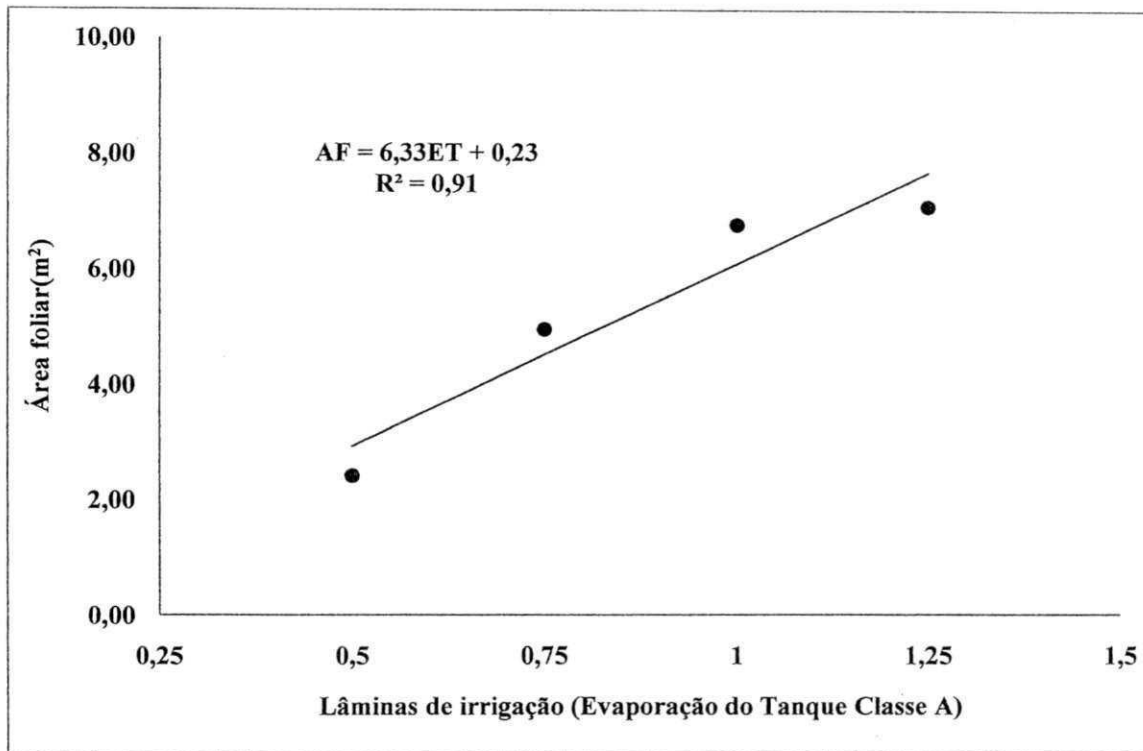
**Figura 29** – Variação da área foliar do pinhão-mansó aos 150 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 30** – Variação da área foliar do pinhão-mansó aos 180 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 31** - Variação da área foliar do pinhão-mansó aos 210 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB



**Figura 32** - Variação da área foliar do pinhão-mansão aos 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

As Figuras 27 a 32 mostram que área foliar foi significativamente afetada pelas lâminas de irrigação, em todos os intervalos de tempo estudados. Assim, a maior área foliar ( $5,17 \text{ m}^2$ ) foi obtida aos 257 DAT com a maior lâmina de irrigação (1,5 ET) comparada com a de  $0,25 \text{ m}^2$ , obtida com a menor lâmina de irrigação (0,25 ET) aos 90 DAT. Segundo Fageria (1989), em situações de estresse hídrico a grande maioria dos vegetais busca alternativas para diminuir o consumo de água reduzindo principalmente a transpiração e, dentro das adaptações mais conhecidas, tem-se a redução da área foliar através da diminuição da quantidade de folhas diminuindo, conseqüentemente as perdas de água por transpiração; já para Benincasa (1988), o declínio da área foliar, sempre que as plantas se desenvolvem, também pode ser decorrente da interferência das folhas superiores sobre as inferiores (autossombreamento), o que provocaria a diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura.

## 5.7 Fitomassa da parte aérea e radicular da planta

Apresentam-se, na Tabela 27 os resumos das análises de variância do experimento para a regressão das variáveis matéria seca da parte aérea (matéria seca das folhas e caule) e matéria seca das raízes do pinhão-mansão, submetido a diferentes tratamentos, ao final dos 257 DAT. Utilizando-se o teste F nota-se que houve diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade para os fatores lâminas de irrigação e cobertura do solo, para as variáveis matéria seca da parte aérea e da raiz.

A Tabela 28 apresenta as médias da fitomassa da parte aérea e das raízes, aos 257 DAT.

**Tabela 27** – Resumo da análise de variância da fitomassa do pinhão-mansão submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		Parte aérea	Raiz
Tratamentos	19	27364,34**	29325,05**
Lâminas de irrigação (L)	3	152574,97**	164351,56**
Doses de nitrogênio (N)	3	2437,35 <sup>ns</sup>	2528,12 <sup>ns</sup>
Lâminas vs doses (LxD)	9	2414,63 <sup>ns</sup>	4106,11 <sup>ns</sup>
Tratamentos sem cobertura vs Tratamentos adicionais com cobertura	1	29558,87**	19077,56**
Contraste linear com cobertura	1	2620,47 <sup>ns</sup>	70,35 <sup>ns</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	882,367 <sup>ns</sup>	316,93 <sup>ns</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	742,34 <sup>ns</sup>	117,06 <sup>ns</sup>
Erro	38	3284,78	1528,46
CV(%)	-	17,45	16,66

\*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação

Constata-se aumento significativo de ambas as fitomassas (parte aérea e raízes) com a lâmina de irrigação, obtendo-se as maiores fitomassas com a maior aplicação de água (1,5 ET), 424,82 e 371,22 gramas para a parte aérea e radicular, respectivamente.

**Tabela 28** - Médias da fitomassa da parte aérea e raízes do pinhão-mansão aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias da fitomassa da parte aérea (g)	Médias da fitomassa das raízes (g)
Lâmina 0,50	166,37	102,17
Lâmina 0,75	301,19	196,77
Lâmina 1,00	376,85	293,98
Lâmina 1,25	424,82	371,22

Barros Júnior (2007), constatou trabalhando com mamona, que a produção de matéria seca foi afetada pelos tratamentos, quando o conteúdo de água no solo se manteve nos níveis de 60 e 40 de água disponível, obtendo produções muito baixas quando comparados com os tratamentos com 100% de água disponível.

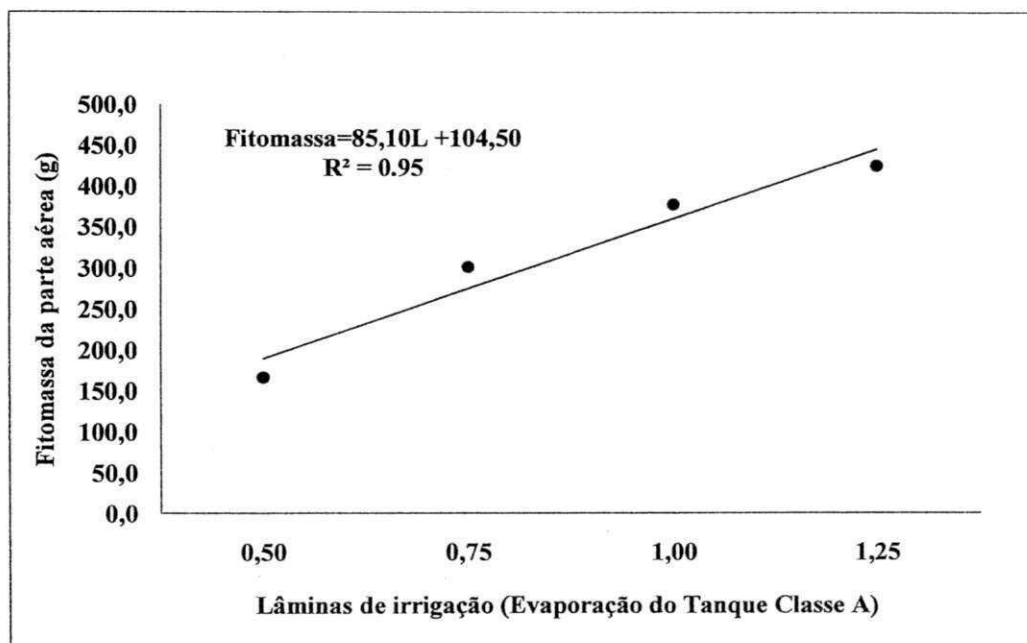
Analisando a Tabela 29 verifica-se resposta linear e quadrática para a variável matéria seca da parte aérea, em função das lâminas de irrigação no solo. Em ambas as situações os coeficientes de determinação da regressão foram significativos indicando um bom ajuste dos dados aos modelos de regressão. Optou-se pelo modelo linear, devido à tendência dos dados. Para Gomes (1987), embora o modelo de grau superior seja significativo, é preferível considerar um polinômio de grau inferior, de propriedades matemáticas, mais de acordo com o fenômeno biológico estudado.

**Tabela 29** - Resumo da análise de regressão para fitomassa do pinhão-mansão submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Ajuste	GL	Quadrados Médios	
		Parte aérea	Raiz
Linear	1	467413,66**	509141,57**
Quadrático	1	29247,96**	1667,67 <sup>ns</sup>
Cúbica	1	433,25 <sup>ns</sup>	769,66 <sup>ns</sup>
Erro	35	3284,78	1930,59

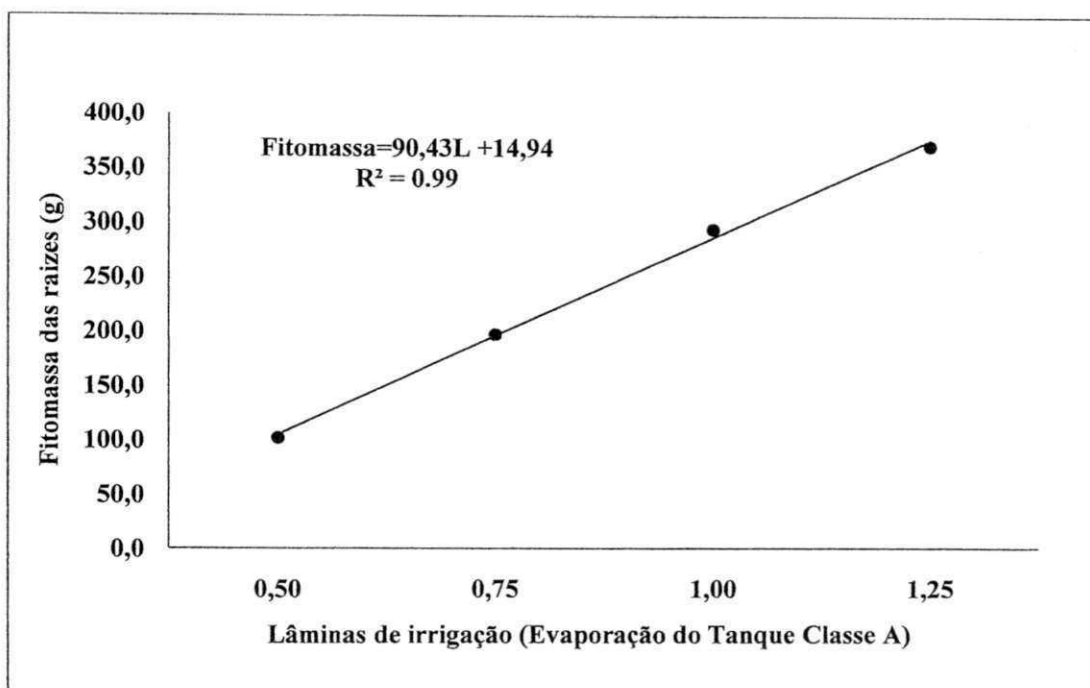
\*\*significativo a 1% de probabilidade, NS = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio

Observa-se, na Figura 33, que para cada centésimo de reposição da evaporação tem-se um acréscimo de aproximadamente 104g de matéria seca da parte aérea. Sahoo et al. (2009) indicam que o teor de água no solo elevou de forma linear a fitomassa da planta de modo que, com o maior nível de água disponível no solo obtiveram-se os maiores valores de fitomassa seca.



**Figura 33** - Variação da fitomassa da parte aérea do pinhão-manso 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

Na Figura 34 constata-se o mesmo efeito linear na matéria seca da raiz com incremento de 14,9 g de matéria seca para cada centésimo de reposição da evaporação; assim, por este benefício apresentado pelos níveis mais elevados de reposição da água ocorre um ambiente melhor para o crescimento e desenvolvimento das raízes e, em contrapartida, da parte aérea do pinhão-manso. Trabalhando com irrigação, Roscoe et al., (2007) observaram incremento na produção de massa seca tanto da parte aérea como do sistema radicular. Freitas et al.(1999), também observaram maior incremento na produção de raízes quando do uso dos maiores níveis de água do solo.



**Figura 34** – Variação da fitomassa (raízes) do pinhão-mansão 257 DAT, em função das lâminas de irrigação (L), em Sumé, PB

A média de produção em solos protegidos com cobertura morta foi, respectivamente, igual a 372,80 e 285,35 g planta<sup>-1</sup>, para a matéria seca da parte aérea e das raízes, representando acréscimos de matéria seca de 14,8 e 15,6%, quando se compara a produção de fitomassa em solo sem proteção (Tabela 30). Essas observações caracterizaram os aspectos positivos e a importância do uso de proteção de solo como manejo para melhorar o desenvolvimento da espécie vegetal cultivada, conforme também verificado por Barros (1993) e Bragagnolo (1990), para outras culturas. A Tabela 30 apresenta o resumo da análise de regressão para fitomassa do pinhão-mansão, para os tratamentos significativos encontrados.

**Tabela 30** - Resumo do teste de Scheffé para o contraste de médias da fitomassa do pinhão-mansão submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Médias (g)	
	Parte aérea	Raiz
Solo sem cobertura	317,35a	241,03a
Solo com cobertura	372,80b	285,35b

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scheffé a 5% de probabilidade



## 5.8 Comprimento da raiz

Na Tabela 31 tem-se o resumo das análises de variância do comprimento das raízes do pinhão-manso submetido a diferentes tratamentos, ao final dos 257 DAT. De acordo com os resultados da ANOVA e se utilizando o teste F, notam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade para os fatores lâminas de irrigação e cobertura do solo; entretanto, mais uma vez o fator dose de adubação nitrogenada não foi significativo.

**Tabela 31** – Resumo da análise de variância para o comprimento da raiz do pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio
Tratamentos	19	29325,06**
Lâminas de irrigação (L)	3	630,28**
Doses (N)	3	16,61 <sup>ns</sup>
Lâminas versus doses (IxD)	9	22,67 <sup>ns</sup>
Tratamentos sem cobertura versus tratamentos adicionais com cobertura	1	19077,57**
Contraste linear com cobertura	1	70,35 <sup>ns</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	316,93 <sup>ns</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	117,08 <sup>ns</sup>
Erro	38	1528,46
CV(%)	-	16,66

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação.

Observa-se, na Tabela 32, um aumento consistente do comprimento da raiz com as lâminas de irrigação, obtendo-se um comprimento de raiz de 50,33 cm para o tratamento com a maior aplicação de água (1,25 ET).

A não significância encontrada para os tratamentos com níveis distintos de nitrogênio discorda com os resultados observados por Guimarães (2008) que, ao avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio no crescimento inicial da planta do pinhão-manso, encontrou efeito significativo do nitrogênio no crescimento do sistema radicular; a

maior dosagem proporcionou um aumento de 28,79% quando comparado com a testemunha.

**Tabela 32.** Médias do comprimento das raízes do pinhão-manso aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Tratamentos	Comprimento das raízes
Lâmina 0,50 ET	34,42
Lâmina 0,75 ET	38,91
Lâmina 1,00 ET	48,33
Lâmina 1,25 ET	50,33

De acordo com os resultados observados na Tabela 33, observa-se resposta linear para variável comprimento da raiz, em função das lâminas de irrigação. Com ajuste linear, o coeficiente de determinação da regressão (0,95) foi significativo indicando bom ajuste dos dados ao modelo de regressão (Figura 35).

**Tabela 33** – Resumo da análise de regressão para o comprimento da raiz do pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Ajuste	GL	Quadrados Médios
Linear	1	2109,58**
Quadrático	1	63,49 <sup>ns</sup>
Cúbica	1	124,39 <sup>ns</sup>
Erro	35	1528,46

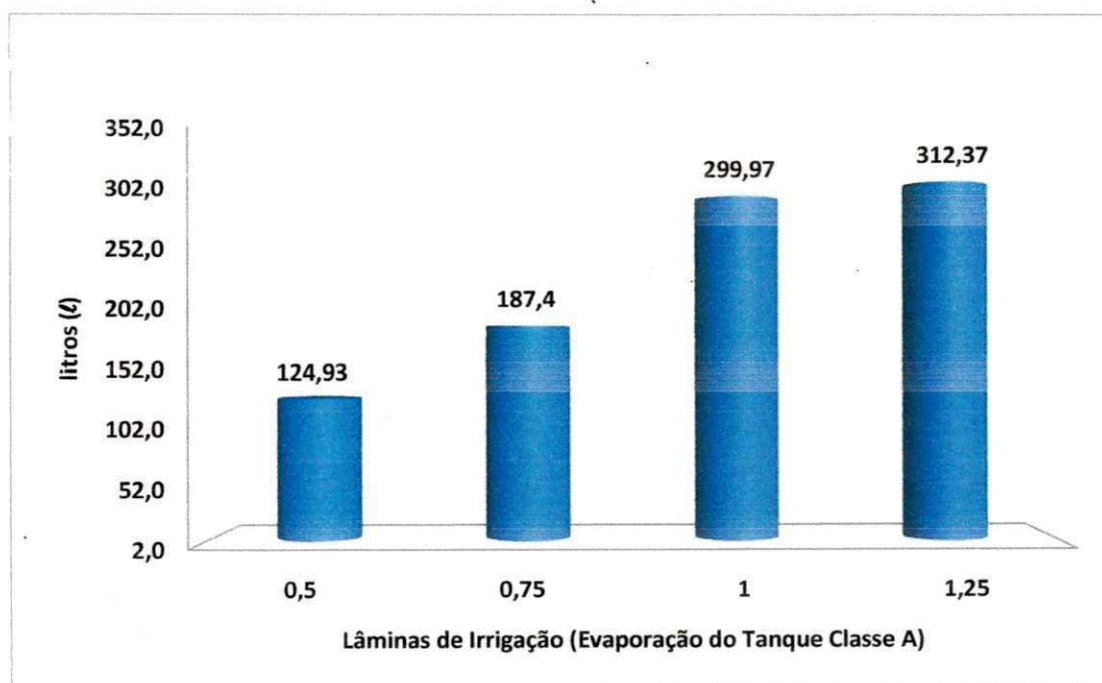
\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, NS = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio

Na Figura 35 observa-se, para cada centésimo de reposição da evaporação, um acréscimo de aproximadamente 23 cm no comprimento da raiz do pinhão-manso.

dentre elas a soja e o girassol, que o comprimento radicular diminui na presença de déficit hídrico. A habilidade das raízes penetrarem no perfil, diminui quando os níveis de umidade solo estão baixos. Em solos com menor umidade a coesão e a resistência do solo à penetração aumentam e a pressão hidrostática das células das raízes diminui, com consequente redução da força na coifa e na região meristemática, para superar a resistência do solo (Hamza & Anderson, 2005). De maneira geral, considera-se de 2,0 a 2,5 MPa a faixa crítica de resistência do solo com redução importante no crescimento radicular (Taylor et al., 1966; Taylor, 1971).

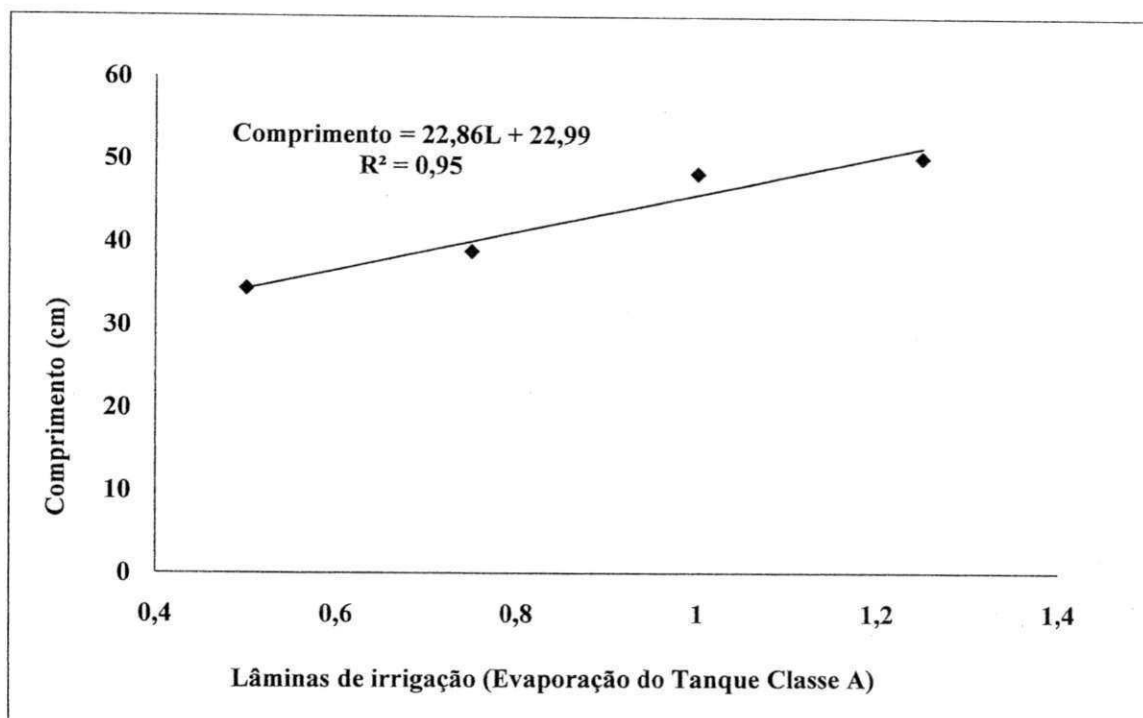
### 5.9 Disponibilidade e eficiência do uso de água

A Figura 36 apresenta as lâminas de irrigação aplicadas para a planta do pinhão-mansão durante os 257 dias de duração do experimento.



**Figura 36.** Lâminas de Irrigação aplicadas para os diferentes tratamentos

Embora não se tenha medido o verdadeiro consumo de água pelo pinhão-mansão e se considerando que não houve drenagem de água durante todo o período fenológico da planta para o cálculo da eficiência do uso da água as lâminas de irrigação aplicadas ao solo foram consideradas como o consumo de água e as eficiências para as lâminas de 0,5; 0,75; 1,0 e 1,50ET foram de 2,16, 2,65, 2,68 e 2,56 g l<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 35** – Variação do comprimento da raiz do pinhão-manso 257 DAT, função das lâminas de irrigação (L). Sumé, PB

O tratamento com cobertura superou todos os demais tratamentos significativamente com uma probabilidade de 5% de significância pelo teste de Scheffé (Tabela 34).

**Tabela 34** - Resumo do teste de Scheffé para o contraste de médias da raiz do pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB - 2009,

<b>Tratamento</b>	<b>Comprimento Médio (cm)</b>
Solo sem cobertura	42,99a
Solo com cobertura	47,91b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scheffé a 5% de probabilidade

Este fato comprova que a utilização de cobertura do solo é uma alternativa que pode contribuir para a redução de reposição da evaporação para a cultura do pinhão manso nas condições desenvolvidas neste experimento.

Os resultados obtidos sugerem que o comprimento da raiz é muito sensível ao déficit hídrico. Materechera et al. (1991) observaram, em várias espécies vegetais,

Na Tabela 35 estão os resultados da análise de regressão para a eficiência de uso de água (EUA) para a cultura do pinhão-manso.

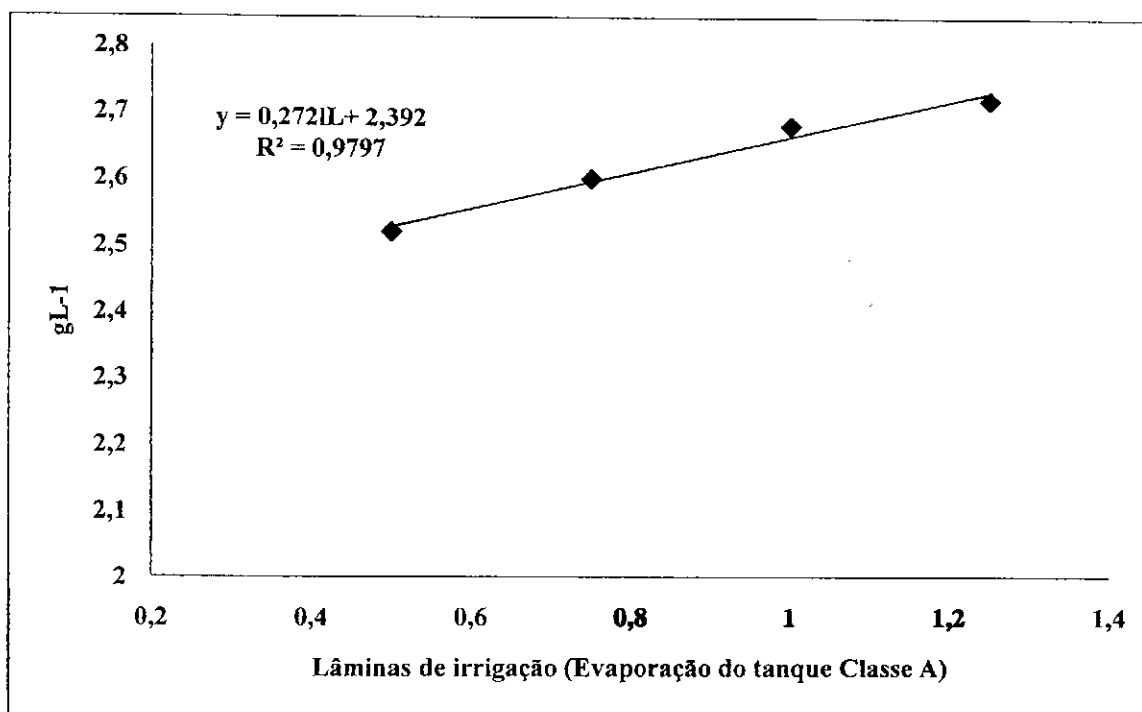
**Tabela 35** – Resumo da análise de variância para eficiência do uso de água do pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Fonte de variação	GL	QM
Tratamentos	19	0,506**
Lâminas de irrigação (L)	3	0,72**
Doses de nitrogênio (N)	3	0,071 <sup>ns</sup>
Lâminas versus Doses (LxD)	9	0,13 <sup>ns</sup>
Tratamentos sem cobertura versus tratamentos adicionais com cobertura	1	5,88**
Contraste linear com cobertura	1	0,058 <sup>ns</sup>
Contraste quadrático com cobertura	1	0,066 <sup>ns</sup>
Contraste cúbico com cobertura	1	0,011 <sup>ns</sup>
Erro	38	0,148
CV(%)	-	14,27

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação

A eficiência do uso da água do solo (obtida pela razão entre a produção de matéria seca e o volume de água consumida), não foi afetada pelos tratamentos de nitrogênio e tampouco pelos contrastes dentro dos tratamentos adicionais; entretanto, observou-se que a EUA, foi altamente significativa ( $p \leq 1$ ) para os fatores lâmina de irrigação e cobertura do solo.

Para melhor avaliação do comportamento da cultura no que se refere à eficiência do uso de água ajustou os dados experimentais modelos linear de vido ao comportamento crescente dos valores em função da reposição da evaporação do tanque Classe A (Figura 37).



**Figura 37** – Variação da eficiência de consumo de água do pinhão-manso em função das lâminas de irrigação (L). Sumé, PB, 2009

Silva (2009) encontrou resultados semelhantes quando comparados com os encontrados neste trabalho, em que o aumento da disponibilidade de água no solo ocasionou maior eficiência de uso da água pelas plantas de pinhão-manso, resultando em maior produção nos tratamentos com maior nível de reposição de água. Para cada centésimo de incremento da lâmina aplicada ao solo, a EUA das plantas de pinhão-manso aumentou  $0,0025 \text{ kg m}^{-3}$  ou 1,85 % de  $0,33 \text{ kg m}^{-3}$ ; Barros Júnior (2007) também notou, em estudos com a cultura da mamona, aumento linear da eficiência de uso da água das plantas, resultante do incremento da disponibilidade de água no solo.

Segundo Charles-Edwards (1982), o acúmulo de matéria seca vegetal é o resultado do mecanismo fotossintético, o qual incorpora matéria orgânica na planta; assim todo e qualquer fator que interfira na fotossíntese afetará o acúmulo de matéria seca. Fatores como nutrição mineral, radiação e disponibilidade hídrica, interferem significativamente na fotossíntese, dentre eles, a disponibilidade de água desempenha papel preponderante pois, além de propiciar a entrada de  $\text{CO}_2$ , ela promove o resfriamento do vegetal interferindo, desta forma, na taxa de fotossíntese e de respiração. Para o mesmo autor, a quantidade de biomassa produzida pelo vegetal pode ser definida por uma relação fisiológica simples, baseada na quantidade de radiação interceptada e em sua eficiência de conversão em matéria seca. Já Muchow (1989)

indica que o decréscimo da produção de biomassa em oleaginosas, em resposta ao déficit hídrico, está mais associado à redução da eficiência da radiação do que à redução da interceptação da radiação.

**Tabela 36** - Resumo do teste de Scheffé para eficiência do consumo de água do pinhão-manso ( $\text{gl}^{-1}$ ) aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

<b>Tratamentos</b>	<b>Média da altura da planta</b>
Solo sem cobertura (SC)	2,51 a
Solo com cobertura (CC)	3,29 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scheffé a 1% de probabilidade

Constata-se ainda, pela análise do teste de Scheffé na Tabela 36, que as plantas que foram conduzidas com o tratamento com cobertura do solo superaram em 24% as plantas sem cobertura do solo, no que se refere à conversão da água consumida sem matéria seca.

## 6. CONCLUSÕES

- O aumento das lâminas de irrigação ocasionou alterações significativas nos processos fisiológicos essenciais ao crescimento da cultura do pinhão-manso cultivado em ambiente fechado.
- Reduções nas lâminas de irrigação interferem significativamente; entretanto, quando esta redução é estrategicamente conduzida utilizando-se de técnicas de manejo do solo, como é o caso da cobertura plástica, torna-se redundante, chegando a ser mais eficiente na transformação de água consumida em matéria seca.
- Não houve diferença significativa entre os tratamentos de nitrogênio estudados nem nos contrastes que avaliaram as condições do solo coberto e sem cobertura, submetidos a distintos níveis da adubação nitrogenada.
- A cobertura plástica colocada na superfície do solo caracterizou-se como fator de alta eficiência no manejo do solo para todas as variáveis avaliadas, com destaque para área foliar, devido à alta sensibilidade do comportamento desta variável quando submetida ao estresse hídrico.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KUFAISHI, S. A.; BLACKMORE, B. S.; SOURELL, H. The feasibility of using variable rate water application under a central pivot irrigation system. **Irrigation and Drainage Systems**, Springer Netherlands, v.20, n. 2-3, p. 317-327, 2006.

ALMEIDA, D. L. **Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo**. 1991. 188f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ, 1991.

ALBUQUERQUE, W. G. **Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas*) em função de níveis de água e adubação nitrogenada**. 2008. 60 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

ANDRADE JUNIOR, A.S.; KLAR, A.E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa*.) através do tanque Classe A e cobertura do solo . **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.54, n.1/2, p.31-38, 2007.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura de inverno e da adubação orgânica e, ou mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 587-865, out./dez. 2000.

APONTE, C. H. **Estudio de *Jatropha curcas* L.: como recurso biótico**. México: University Veracruz, 1978.

ARAJI, A. A.; ABDO, Z.O.; JOICE, P. Efficient use of animal manure on cropland - economic analysis. **Bioresource Technology**, v. 79, n. 2, p. 179-191, sept. 2001.

ASMUS, G. L.; INOWE, T. S.; ANDRADE, P. J. M. Efeito da cama de frangos de corte sobre a reprodução de *Meloidogyne javanica* e o crescimento de plantas de tomateiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 21-25, jun. 2002.

BARROS JÚNIOR, G. **Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona.** Campina Grande: UFCG, 2007. 153p. (Tese de Doutorado).

BARROS, L.C.G.; Hanks, R.J. Evapotranspiration and yield of beans as affected by mulch and irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.692-697, 1993.

BRAGAGNOLO, N., Et al. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.369-374, 1990

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p

BEN SALEM, B.; PALMBERG, C. Place and role of trees and shrubs in dry areas. **Plants for Arid Lands**, London, p. 93-102, 1985.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4ª. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

BIOFUELS: no magic bullet for EU. 2005. Disponível em: <http://www.stockholm-network.org/downloads/media/8f2df869-Petroleum%20Economist%20-%20August%202005.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2009.

BOFF, P.; HOFFMANN, E.; BOFF, M. I. C. Manejo fitossanitário do feijoeiro pelo uso de preparados homeopáticos e formulações caseiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABA; 2005b. 1 CD-ROM.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos.** Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 878p.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.91-98, 1990.

BRASIL. Decreto nº 86.955, de 18 fev. 1982. Aprova o regulamento da lei nº 6.894, de 16 de fevereiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Brasília, secção 1, p. 3.241, de 24 de fevereiro de 1982.

BRASIL. Ministério de Agricultura e Pecuária. Brasil, 2004. Regulamentação da produção e do comércio de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, prevista pelo Decreto nº 4.954/2004. Disponível em: <<http://www.srb.org.br/modules/news/article.php?storyid=1077>>. Acesso em: 27 set. 2009.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BULLUCK, L.R., M. BROSIUS, G.K. EVANYLO & J.B. RISTAINO. . Organic and synthetic amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, v. 19, n. 2, p. 147-160. feb. 2002

BULLUCK, L.R .& RISTAINO, J. B. Synthetic and organic amendments affect southern blight, soil microbial communities and yield of processing tomatoes. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, p.181-189, 2002.

BÜNEMANN, E.K.; BOSSIO, D.A.; SMITHSON, P.C.; FROSSARD, E.; OBERSON, A. Microbial community composition and substrate use in a highly weathered soil as affected by crop rotation and P fertilization. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, p. 889- 901, 2004.

CADAVID, L. F.; EL-SHARKAWY, M. A.; ACOSTA, A.; SÁNCHEZ, T. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. **Field Crops Research**, v.57, p. 45-56, 1998.

CADIER, E.; FREITAS, B. J. de.; LEPRUN, J. C. **Bacia Experimental de Sumé: instalação e primeiros resultados.** Recife: SUDENE, 1983. 88p. (Série Hidrologia, v. 16).

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C.; TORRES, A. C. **Ajuste de funções não lineares de crescimento.** *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, n.1, p. 9-18, 1989b.

CARLESSO, R. **Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments.** Ph.D. Dissertation. Michigan State University. East Lansing, MI. EUA. 1993.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

CASTRO NETO, M. **A cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.).** Disponível em: <<http://brasilbio.blogspot.com/2007/11/cultura-do-pinhão-manso-jatropha-curcas.html>> Acesso em: 10 maio 2010.

CAVALLARO JÚNIOR, M. L. **Fertilizantes orgânicos e minerais como fontes de N e de P para produção de rúcula e tomate.** 2006. 39 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo de Campinas IAC. Campinas, 2006.

CLEMENT, C.R.; BOVI, M.L.A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimento com pupunheiras para palmito. *Acta Amazonica*, Manaus, v.30, n.3, p. 349-362. 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre: SBCS: NRS: UFRGS, 2004. 400p.

CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Estudos das fontes poluidoras em granjas produtoras de suínos: uma perspectiva de educação ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO

DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11, 2003, São Paulo. **Anais...**  
São Paulo: USP, 2003. p. 447-448.

CHAGAS, P. D., **Revista do Biodieselbr**, Ano 1, Nº 5, 2008. 53p

CHARLES-EDWARDS, D. A. **Physiological determinants of crop growth**. London :  
Academic Press, 1982. 161 p.

COSTA, D. M. A. **Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte 2007. 110 p. Natal. RN

DAVIS, J. B.; KAY, D. E.; CLARK, V. **Plants tolerant of arid, or semi-arid, conditions with non-food constituents of potential use**. London: Report of the Tropical Products Institute, 1983.

DEHGAN, B.; WEBSTER, G. L. **Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae)**. California: University of California Publications in Botany, 1979. v. 74.

DIAS, C. R.; EZEQUIEL, A. & V. S.; FERRAZ, S.. Efeito de frações de esterco de bovinos na eclosão de juvenis de *Meloidogyne incognita* no solo. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 34-39, 1999.

DOVE Biotech. ***Jatropha curcas* L.:** an international botanical answer to biodiesel production and renewable energy. Total Renewable, Sustainable Solutions to the Global Energy and Water Needs. Disponível em: <[http://www.dovebiotech.com/pdf/JATROPHA%20CURCAS 20L.pdf](http://www.dovebiotech.com/pdf/JATROPHA%20CURCAS%20L.pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2009.

DURIGON, R.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 983- 992, abr./ jun. 2002.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, Agro práticas ecológicas, Adubação Orgânica. 1. impressão, 2006.

ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 6, p. 119-124, 1982.

FAO 2006. Disponível em: <<http://www.faostat.org.br>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

FAGERIA, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: Embrapa/DPU, 1989. 425p. Documento, 18.

FELIPPE, G.M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. São Paulo : EPU, 1986. Cap.1, p.1-37.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2**. DEX/UFLA, 2003

FRANCHINI, J. C. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 533-542, 1999.

FREITAS, S. P., SEDIYAMA, T., SEDIYAMA, M. A. N., SILVA, A. A. Efeito de composto orgânico na produção da batata-doce (*Ipomea batatas* L.) Lam., na incidência de plantas daninhas e na eficiência do diuron. **Revista Ceres**, Viçosa, v.46, n. 265, p.251-265, 1999.

GILL, K.S.; GAJRI, P.R.; CHAUDHARY, M.R.; SINGH, B.I. Tillage, mulch, and irrigation effects on com (*Zea mays* L.) in relation to evaporative demand. **Soil Tillage Research**. v.39, p. 213-227, 1996.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2005, 642 p.

GUIMARÃES, A. de S. **Crescimento inicial de pinhão manso (*Jatropha curca*L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes.** Tese (Doutorado) Areia, PB 2008.

GÜBITZ, G. M.; MITTELBAACH, M.; TRABI, M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Bioresource Technology**, Inglaterra, v. 67, p. 73-82, 1999.

HAMZA, M.A. & Anderson, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Till. Res.**, 82:121-145, 2005.

HAYES, W. A. et al. Paper and pulp mill by-product as a casing medium for mushroom culture. **Mushroom J.**, v.62, p.38-44, 1978.

HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L.** Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, 1996.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U.B. & MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, p. 263-275, 2001.

HOLANDA, J. S.; MIELNICZUK, J.; STAMMEL, J. G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 6, p. 47-51, 1982.

IBARRA, L.; FLORES, J.; DIAZ-PEREZ, J. C. Growth and yield musk-melon in response to plastic mulch and row covers, **Scientia Horticulturae**, Coah, v.87, n.1-2, p.139-145, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, pesquisa de pecuária, 2006. Brasília, 2007.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação Verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.232-267.

JATROPHA. **The Jatropha system**. Disponível em: [www.jatropha.de](http://www.jatropha.de). Acesso em: 16 out. 2009.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. **Agronômica Ceres**, São Paulo, 492 p. 1985.

KIEHL, E. J. Fertilizantes organominerais. **Agronômica Ceres**, Piracicaba, 189 p. 1993.

KHEIRA, A. A. A. ; ATTA, N. M. M. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. **Biomass and bioenergy**, Aberdeen, v. 33, p. 343-350. Aug. 2008.

KIRCHMANN, H. Ammonia emissions from agriculture, **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 51, n.1, Kluwer Academic Publishers, maio 1998.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agrônômicos e ambientais**. Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Circular Técnica 63).

KVET, J.; MARSHAL, J. K. Assesment of leaf área and other assimilating plant surfaces, In: CATZK, J.; JARVIS, P. G. (ed.). **Plant photosynthetic production: manual of methods**, The Hague: junk, 1971. p. 517-575.

LACERDA, R. D. de. **Resposta da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu a diferentes níveis de água e matéria orgânica no solo**. Campina Grande: UFCG, 2006. 70p. (Dissertação de Mestrado).

LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RiMa. São Paulo. 529p.

LECOEUR, J., SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Sci.** n.36, p. 331-335, 1996.

LOMBARDI, S. R. B.; MORAES, D. M. de; CAMELATTO, D. Evaluation of growth and postharvest ripening of shinsseiki pears. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n.12, Dec. 2000.



MAC BRIDE, R. G.; MIKKELSEN, R. L.; BARKER, K. R. **Survival and infection of root-knot nematodes added to soil amended with rye at different stages of decomposition and cropped with cotton.** *Applied Soil Ecology*, 1999. p.231-235.

MACCANNA, C. **Comercial mushroom production.** Dublin: Foras Taluntais, 1984. 162 p.

MAES, W. H., TRABUCCO, W. H.; ACHTEN, W. M. J. MUYS, B. climatic conditions of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, Aberden, v. 33, p. 1481-1485, July. 2009.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G., coord. **Fisiologia vegetal.** São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979. p.331-50.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. *Jatropha curcas*, a promising crop for the generation of biodiesel and value-added coproducts. **European Journal Lipid Science Technology**, v. 111, p. 773-787, Mar.2009.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2002. p. 200.

MANIVEL, L.; WEAVER, R.J. Biometric correlations between leaf area and length measurements of Grenache grape leaves. **Hortscience**, Alexandria, v. 9, n. 1, p. 27- 28, Feb. 1974.

MATERECHERA, S. A.; ALSTON, A. M.; KIRBY, J. M.; DEXTER, A. R. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 144, n. 2, p. 297-303, 1991.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (ed.). **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto.** Jaguariúna: Embrapa, 2000. p.109-141.

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas propriedades químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n. 3, p.452-458, 2002.

MONTEIRO, J. E. B. A.; et al. Estimação da área foliar do algodão por meio de dimensões e massa das folhas, **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1. p.15-24, 2005.

MOREIRA, C. R.; SIQUEIRA, M. M.; TAVARES, M. H. F. Influência da adubação orgânica sobre algumas propriedades físicas do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA, 13, Ilhéus, BA, 2000.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

MUCHOW, R. C. Comparative productivity of maize, sorghum and pearl millet in a semi-arid tropical environment. II. Effect of water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 20, p. 207-219, 1989.

NATURE. **The little shrub that could: maybe**. 2007. Disponível em [www.nature.com/nature](http://www.nature.com/nature). Acesso em: 24 nov. 2009.

NEVES, M. C. P.; RIBEIRO, R de L. D.; PEIXOTO, R. dos G. T. Riscos associados ao uso de fertilizantes. In: **Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC**. Brasília: Campo PAS, 2004. p.87-97.

NERY, A. R. **Crescimento e desenvolvimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas sob ambiente protegido**. Campina Grande: UFCG, 2008. 116p. Dissertação de Mestrado.

NeSMITH, D.S., RITCHIE, J.T. Short - and long - term responses of corn to a preanthesis soil waterdeficit. **Agron. J.** n. 84, p. 107-113, 1992.

NIELSEN PE, NISHIMURA H, OTVOS JW, CALVIN M. **Plant crops as a source of fuel and hydrocarbon-like materials**. **Science**, v. 198, n. 1. p. 42-944, 1977.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al.(Coord.) **Métodos de pesquisa em ambiente controlado**. Brasília: Embrapa, 1991. p.189-273 (Documentos 3),

ODUOR-OWINO, P.; WAUDO, W. Effect of delay in planting after application of chicken manure on *Meloidogyne javanica* and *Paecilomyces lilacinus*. **Nematology Mediterranean**, v. 24, p.7-11, 1996.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 19, p. 1-15, Mar. 2000. Disponível em <<http://www.elsevier.com/locate/biombioe>>. Acesso em: 12 out. 2009

OTTMAN, M. J. e POPE, N.V. Nitrogen fertilizer movement in the soils as influenced by nitrogen rate and timing in irrigated wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:1883-1892, 2000.

PAEZ, A., GONZÁLES, M. E., YRAUSQUÍN, O. X., et al. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I. Growth and biomass allocation. **Agron. J.** n. 87, p. 698-706, 1995.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; RIBEIRO, I. J.; MARTINS, F. P. Determinação da área foliar em videira cultivar 'Niágara Rosada'. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 1, p. 199-204, 1986.

GOMES, P. F. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo, Nobel, 1987. 466p

POWLSON, D. S. et al. Leaching of nitrate from soils receiving organic or inorganic fertilizers continuously for 135 years. In: HANSEN, J. A.; HENRIKSEN, K. (eds.). **Nitrogen in organic wastes applied to soils**. London: Academic Press, 1989. p.334-345.

PREZOTTO, M. E. M. Química ambiental e agronomia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, 1992, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.157-178.

QUADROS, V. de; FERNANDES, S. B. V.; UHDE, L. T. Disponibilização de nitrogênio a partir de esterco bovino. In: REUNIÃO SULBRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3.2000. Pelotas, RS. Pelotas, RS: SBCS. 2000. CD-ROM.

QUEIROGA, R.C.F.; NOGUEIRA, I.C.C.; BEZERRA NETO, F.; MOURA, A.R.B.; PEDROSA, J.F. 2002. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo da soja. **Horticultura Brasileira** 20(3): 416-418.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y rehalitacion de suelos salinos y sódicos**. Mexico: Limusa. 1974.

RIEGEL, C.; FERNANDEZ, F. A.; NOE, J. P. Meloidogyne incógnita infested soil amended with chicken litter. **Journal of Nematology**, v. 28, n. 3, p. 369-378, 1996.

RIJSBERMAN, F. R. Water scarcity: Fact or fiction? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 80, n. 1-3, p. 5-22, 2006

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Taxa de crescimento em altura da mamoneira submetida ao estresse hídrico-salino. III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA ENERGIA E RICINOQUÍMICA. 2008.

RAIJ, B. V; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo**. In FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (eds.). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1991. p.333-355.

RODRIGUEZ-KÁBANA, R. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. **Journal of Nematology**, v. 18, p. 129-135, 1986.

ROSCOE, R., Revista Biodieselbr. **Pinhão Manso**, Ano 1, nº 5, 2008.

ROSCOE, R.; RICHETTI, A.; MARANHO, E. Análise de viabilidade técnica de oleaginosas para produção de biodiesel em Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, v.16, p.48-59, 2007.

RUBEIZ, I.G.; ASLAM, M.; CHAHINE, H. AL-ASSIR, A. Whiteflay populations in greenhouse cantaloup as affected by poultry manure na inorganic nitrogen fertilizer application. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 12, p. 277-281, 1995.

SADLER, E. J.; EVANS, R. G.; STONE, K. C. & CAMP, C. R.. Opportunities for conservation with precision irrigation. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeni, v.60, n.6, p. 371-379, 2005.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D .D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. **Cultura do Pinhão manso ( *Jatropha curcas* L.). Produção de oleaginosas para biodiesel**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-74, 2005.

SAHOO, P. K.; DAS, L. M.; BABU, M. K. G.; ARORA, P.; SINGH, V. P.; KUMAR, N. R.; VARYANI, T. S. Comparative evaluation of performance and emission characteristics of jatropha, karanja and prolanga base biodiesel as fuel in a tractor engine. **Fuel**, Shanxi, v. 88, p. 1698-1707, Mar. 2009. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/fuel>>. Acesso em: 20 out. 2009.

SANTOS, S. dos.; JÚNIOR, E.J.F.; PIRES, B. NETTO, A.P. da C. Efeito e diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: 4º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel., 2007, Varginha. **Anais**. Varginha, 2008. p. 547- 554.

SANTOS, J. C. F. et al. Efeito de extratos de cascas de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru de mancha. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.783-790, 2002.

SEPÚLVEDA G., KLIEWER, W. M. Estimation of area of two grapevine cultivares (*Vitis vinifera* L.) using lamina linear measurements and fresh weight. **Am. J. Enol. Vitic.** V. 34, 221-226 p. 1983.

SMITH, K. J., KLIEWER, W. M. Estimation of Thompson seedless grapevine leaf area. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 33, 16-22 p. 1983.

SCHERER, E. E. Avaliação de fontes e épocas de aplicação de adubo nitrogenado na cultura do milho no sistema plantio direto. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, EPAGRI, v. 14, p. 48-53, 2001.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. In: I CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL. **Anais...**, Brasília, 2006, p.73-77.

SILVA, B. R. M. **Crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão manso irrigado com água residuária em função da evapotranspiração**. Campina Grande: UFCG, 2009. 147p. Tese de Doutorado.

SILVA, M. C. C. Produtividade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, com e sem cobertura do solo, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.202-205, 2005.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 46 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 34).

SOCOLOW, R. H. Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon. **Proc Natl Acad Sci** 96, p. 6001-6008, 1999

SPALDING, R. F.; KITCHEN, L. A. Nitrate in the intermediate vadose zone beneath irrigated cropland, **Ground Water Monitoring Review**, Worthington: v. 8, p. 89-95. 1988.

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions, **Acta Horticulture**, Leven, n.335, p. 296-304. 1993.

STEWART, D. P. C. Unburnt bush fallows: a preliminary investigation of soil conditions in a bush fallow and two successive crops of taro (*Colocasia esculenta L. Schoot*) in westem Samoa. **Field Crops Research**, v.38, p.29-36, 1994

STEFANNINI M. B.; RODRIGUES, S. D. Efeito do ácido giberélico no desenvolvimento de plantas de estévia. **Cientifica**, v. 31, n. 1, p. 31-41; 2003.

TAIZ, L.; ZEIGERM, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449-484.

TAYLOR, H.M. Effect of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield. In: BARNES, K.K., org. compaction of agricultural soils. Madison, **American Society of Agricultural Engineers**, 1971. p. 292-305, 1971. (ASAE Monograph)

TAYLOR, H.M.; Roberson, G.M. & Parker, J.J. Soil strength-root penetration relations for medium-to-coarse-textured soil materials. **Soil Science.**, 102:18-22, 1966.

TEDESCO, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRS, 1999.174p. (Boletim técnico 5).

THICKE, F. E. et al. Soil nitrogen mineralization indexes and corn response in crop rotations. **Soil Science**, Baltimore, n. 156, p. 322-335, 1993.

VARGAS MOTTA, A. C.; VOLNEI, P. Nutrientes alternativos, Fundação ABC, Universidade Federal do Paraná, **Cultivar Bovinos**, n. 14, dez. 2004 – jan. 2005.

VASCONCELOS, C. A. et al. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 23, p. 69-77, 1999.

WEISS, E. **Guide to plants tolerant of arid and semi-arid conditions: nomenclature and potential Uses**. Margraf: Weikersheim, 1989.

WHITEHEAD, A. G. **Plant nematode control**. London, 1997. 380 p.

ZUCATO, R. F. Influência de adubação orgânica e mineral, sobre a população de pragas de feijão. *Phaseolus vulgaris L*, Fase II. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 11, p. 111-115, 1986.



## 8. APÊNDICES

**Apêndice 1** – Tabela de médias para altura de plantas do pinhão-manso aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias da altura do pinhão-manso (cm)							
	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
0	22,06	35,53	48,94	62,31	70,85	78,75	87,93	97,02
50	22,11	35,33	49,04	62,06	70,82	78,74	87,89	97,02
100	21,96	35,04	48,93	62,07	71,06	79,01	88,16	97,20
150	21,94	34,82	48,94	62,55	71,38	79,18	88,40	97,48

**Apêndice 2** – Tabela de médias para taxa de crescimento absoluto de plantas do pinhão-manso nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias da taxa de crescimento absoluto da altura do pinhão-manso (mm/dia)						
	30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
0	0,4489	0,4487	0,3462	0,2935	0,2634	0,2061	0,1958
50	0,4407	0,4358	0,3341	0,2917	0,2644	0,2047	0,1929
100	0,4359	0,4457	0,3422	0,2929	0,2653	0,2089	0,1924
150	0,4593	0,4563	0,3537	0,2941	0,2600	0,2073	0,1926

**Apêndice 3** - Tabela de médias para taxa de crescimento relativo de plantas do pinhão-mansinho nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias da taxa de crescimento relativo da altura do pinhão-mansinho (mm/dia)						
	30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
0	0,0162	0,0107	0,0078	0,0044	0,0035	0,0035	0,0022
50	0,0159	0,0110	0,0078	0,0043	0,0034	0,0036	0,0021
100	0,0158	0,0112	0,0079	0,0044	0,0035	0,0035	0,0022
150	0,0157	0,0114	0,0081	0,0043	0,0035	0,0035	0,0023

**Apêndice 4** – Tabela de médias para o diâmetro caulinar do pinhão-mansinho (mm) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação orgânica, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias do diâmetro caulinar do pinhão-mansinho (mm)							
	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
0	6,02	13,34	21,76	27,91	31,63	35,34	39,49	51,08
50	6,05	13,23	21,13	27,84	31,79	35,41	39,65	50,88
100	6,02	13,31	21,98	27,92	31,80	35,67	40,00	51,48
150	6,05	13,26	21,97	27,93	31,92	35,91	40,34	51,87

**Apêndice 5** – Tabela de médias para taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-mansão nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias da taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar do pinhão-mansão (mm/dia)						
	30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
0	0,2437	0,3143	0,1685	0,1288	0,1425	0,2424	0,2139
50	0,2393	0,3180	0,1691	0,1261	0,1414	0,2384	0,2179
100	0,2431	0,3203	0,1666	0,1292	0,1448	0,2441	0,2201
150	0,2403	0,3180	0,1636	0,1330	0,1476	0,2453	0,2215

**Apêndice 6** – Tabela de médias para taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar do pinhão-mansão nos intervalos de 30-60, 60-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-210 e 210-257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de adubação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias da taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar do pinhão-mansão (mm/dia)						
	30-60 DAT	60-90 DAT	90-120 DAT	120-150 DAT	150-180 DAT	180-210 DAT	210-257 DAT
0	0,0262	0,0207	0,0089	0,0054	0,0045	0,0022	0,0042
50	0,0259	0,0210	0,0081	0,0053	0,0044	0,0023	0,0041
100	0,0258	0,0212	0,0079	0,0054	0,0045	0,0025	0,0042
150	0,0257	0,0214	0,0082	0,0053	0,0045	0,0025	0,0043

**Apêndice 7** – Tabela de médias para área foliar do pinhão-mansão aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 257 dias após o transplante submetido a diferentes lâminas de irrigação, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias da área foliar do pinhão-mansão (m <sup>2</sup> )							
	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT	210 DAT	257 DAT
0	0,1467	0,1805	0,4268	1,5304	1,9580	2,7781	4,7139	6,4198
50	0,1416	0,1769	0,4141	1,5391	1,9694	2,7618	4,0372	6,8502
100	0,1438	0,1835	0,4193	1,5410	1,9700	2,7738	4,5800	6,7700
150	0,1505	0,1798	0,4282	1,5453	1,9780	2,7780	4,1789	6,7859

**Apêndice 8** – Tabela de médias para fitomassa da parte aérea, raízes e comprimento da raiz do pinhão-mansão aos 257 dias após o transplante submetido a diferentes doses de nitrogênio, sem cobertura do solo, Sumé, PB, 2009

Dose de Nitrogênio (kg/ha)	Médias da fitomassa da raiz do pinhão-mansão (g)	Médias da fitomassa da parte aérea do pinhão-mansão (g)	Médias para o comprimento da raiz do pinhão-mansão (cm)
	257 DAT		
0	254,17	296,44	43,07
50	253,11	299,31	43,62
100	251,01	304,37	43,97
150	254,81	310,01	44,30