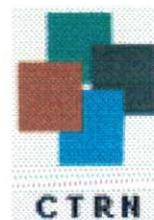




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DOUTORADO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**DOTAÇÕES HÍDRICAS E POPULAÇÕES DE PLANTAS NA  
CULTURA DA MAMONEIRA cv. BRS ENERGIA**

**TESE**

**SÉRVULO MERCIER SIQUEIRA E SILVA**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**  
**MAIO - 2008**

**SÉRVULO MERCIER SIQUEIRA E SILVA**  
**ENGENHEIRO AGRÍCOLA**

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

**AREA DE CONCENTRAÇÃO**

**ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**ORIENTADORES**

**HANS RAJ GHEYI – Doutor – UAEEA/CTRN/UFCCG**

**NAPOLEÃO E. de M. BELTRÃO – Doutor – CNPA/EMBRAPA**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**MAIO – 2008**





S586d Silva, Servulo Mercier Siqueira e  
Dotacoes hidricas e populacoes de plantas na cultura da  
mamoneira cv. BRS energia / Servulo Mercier Siqueira e  
Silva. - Campina Grande, 2008.  
122 f. : il.

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

1. Hidrologia Agricola 2. Mamoneira - 3. Irrigacao 4.  
Densidade de Palntas 5. Produtividade 6. Tese I. Gheyi,  
Hans Raj, Dr. II. Beltrao, Napoleao Esberard de Macedo, Dr.  
III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina  
Grande (PB) IV. Título

CDU 631.432(043)



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

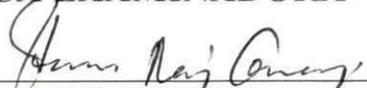
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DATESE DE DOUTORADO

**SÉRVULO MERCIER SIQUEIRA E SILVA**

**DOTAÇÕES HÍDRICAS E POPULAÇÕES DE PLANTAS NA CULTURA  
DA MAMONEIRA cv. BRS ENERGIA**

**BANCA EXAMINADORA**

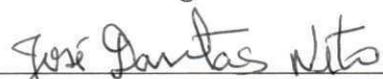
**PARECER**

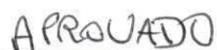
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Hans Raj Gheyi – Orientador  
UAEA/CTRN/UFCA

  
\_\_\_\_\_  
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão – Orientador  
CNPA/EMBRAPA Algodão

  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Dantas Neto – Examinador  
UAEA/CTRN/UFCA

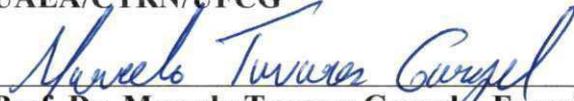
  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

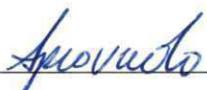
  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Renato Cortez Bezerra – Examinador  
CNPA/EMBRAPA Algodão

  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares – Examinador  
UAEA/CTRN/UFCA

  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel – Examinador  
DCA/UFERSA

  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

CAMPINA GRANDE  
MAIO - 2008

*Em memória de meus avós materno e paterno e aos meus queridos pais **Sebastião José da Silva e Maria do Socorro Siqueira Santos e Silva** pelos exemplos de vida que são, pelo amor, carinho, perseverança e paz interior sempre dedicado.*

### **MINHA HOMENAGEM**

*A minha amiga, companheira e esposa **Renata Cibele Lopes Gomes** e meus filhos **Pedro Arthur e João Miguel Gomes Siqueira**, por toda compreensão, carinho, amor e amparo a mim dedicados, principalmente nas distâncias e que servem de estímulos para continuar lutando por momentos felizes como este.*

*A meu irmão **Sandro Márcio Siqueira e Silva**, meu sobrinho **Zac Lohan** e meu tio **Ivandelson Siqueira Santos**, parentes e amigos.*

**OFEREÇO E DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

*Ao Ser todo poderoso, por toda saúde que me dispôs, para a conclusão deste trabalho.*

*Aos meus pais Sebastião José e Maria do Socorro, por tudo que me propiciaram na vida.*

*À minha esposa, que sempre esteve ao meu lado nos momentos felizes e de dificuldades e por ter realizado a maior felicidade de minha vida, os meus filhos Pedro Arthur e João Miguel.*

*A meu irmão Sandro Márcio Siqueira e Silva, pela amizade e companheirismo de cada dia e meu sobrinho Zac Lohan pela alegria e inocência de vida.*

*A meu tio Ivandelson e sua esposa Egilda, pela atenção e companheirismo na formação acadêmica e de vida, além dos meus primos Caroline, Carine e Caio, pelo carinho e amizade.*

*Aos Prof. Dr. Hans Raj Gheyi e Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão meus orientadores e amigos pela inquestionável contribuição na minha formação acadêmica, profissional e dignidade como ser humano.*

*À coordenadora do Curso de Pós-Graduação Prof<sup>a</sup> Josivanda Palmeira e aos professores de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.*

*A Embrapa-CNPA por toda contribuição prestada dos laboratórios e apoio técnico no decorrer do trabalho e em especial a assistência disponibilizada na Estação Experimental de Barbalha-CE.*

*As amizades conquistadas de Tarcisio Gondim, Vidal Neto, Liv Soares, Marcelo Dias, Ramon Vasconcelos, José Rodrigues, Geraldo, Gildo, Jerônimo, Célio e demais da Estação Experimental de Barbalha-CE.*

*A Frederico Antônio Loureiro Soares, que dedicou uma parte do seu precioso tempo na orientação deste trabalho, cuja fraternidade é salutar.*

*Aos participantes como examinadores da Tese Prof. Dr. José Dantas Neto, Dr. José Renato, Dr. Marcelo Tavares pela grande contribuição científica e pela amizade.*

*Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Adilson, Chico, Wilson, Doutor e seu Pedro que ajudaram a conduzir as análises de água e solo feitas no decorrer do experimento, além das amizades conquistadas durante todo curso.*

*A Sra. Rivanilda e Aparecida pela atenção e ajuda dada sempre que solicitada.*

*Aos amigos do IPA-Petrolina; Everaldo Lima, Enoque Júlio, Aldrín Perez Marin, Jaime Albuquerque, João Pinto, Manoel Luiz de Melo Neto, Juan Carlos Montaña e Gustavo Ferraz pela amizade, solidariedade e compreensão nos momentos de dificuldades e distância da família.*

*Aos amigos Cláudio Uyeda (Japa), Luiz Nery, Paulo Torres, Eliezer Cunha, Mário Luiz, Allan Nunes, Ridelson Farias, José Maria, Severino Pereira, Genival Barros, Rogério Dantas, Reginaldo Nobre, Maria Leide, Karina Guedes, Vanda Maria, Ivana Cordeiro e Betânia H. do Nascimento pela grande amizade e contribuições que dispuseram para o meu crescimento intelectual no decorrer do doutorado.*

*A Mário Júnior, Renê Leite, Ricardo Leite, Lázaro Caynan, José Nunes Neto, Hilário Júnior, José Maria Antunes, Juliana Gomes, Marcela Braz, Erasmo Siqueira, Flávio Nunes, José Igor, Franklin, Jairo Rafael, Roque Valclério, Getúlio e Jânio Viana entre outros, que mesmo distantes, nunca se ausentaram.*

*A todos que juntos a mim passaram por várias dificuldades, e que graças a Deus sobressaimos a cada obstáculo a caminho do sucesso.*

*Enfim, aos que influenciaram de alguma forma nesta conquista.*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - Objetivo Geral.....	2
1.2 – Objetivo Específico.....	2
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Cultura da Mamoneira .....	3
2.2 Aplicações e Importância Econômica da Mamona .....	6
2.3 Sistema de Irrigação.....	11
2.3.1 Linha Central de Aspersores .....	17
2.4 Lâmina de Irrigação.....	18
2.5 Densidade Populacional .....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 Etapas do Estudo.....	24
3.2 Localização do Experimento.....	24
3.3 Características da Variedade.....	27
3.4 Delineamento Estatístico e Tratamento.....	27
3.4.1 Experimento I.....	27
3.4.2 Experimento II.....	28
3.5 Área Experimental .....	28
3.6 Preparo do Solo e Adubações.....	29
3.7 Instalação do Sistema de Irrigação.....	30
3.8 Condução do Ensaio.....	31
3.9 Tratos Culturais .....	33

<b>3.10 - Variáveis Analisadas - Experimento I e II .....</b>	<b>33</b>
3.10.1 Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento.....	33
3.10.2 - Variáveis de Produção .....	35
<b>3.11 - Análise Estatística.....</b>	<b>38</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>EXPERIMENTO I.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 - Avaliações das Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento .....</b>	<b>39</b>
4.1.1 - Altura de Planta.....	39
4.1.2 - Diâmetro de Caule .....	41
4.1.3 - Área Foliar .....	44
<b>4.2 - Avaliações das Variáveis de Desenvolvimento e Produção .....</b>	<b>47</b>
4.2.1 - Número de Dias para Emissão da 1ª Inflorescência, Comprimento do Cacho e Percentual de Flores Femininas .....	47
4.2.2 - Número de Frutos, Peso dos Frutos e das Sementes .....	50
4.2.3 - Percentual de Casca, Peso dos Frutos na Parcela e Total .....	52
<b>EXPERIMENTO II .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1 - Avaliações das Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento .....</b>	<b>59</b>
5.1.1 - Altura de Planta.....	59
5.1.2 - Diâmetro de Caule .....	62
5.1.3 - Área Foliar .....	65
5.1.4 Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo da Altura da Planta .....	68
5.1.5 Índice de Área Foliar .....	71
<b>5.2 - Avaliações das Variáveis de Desenvolvimento e Produção .....</b>	<b>74</b>
5.2.1 - Número de Dias para Emissão da 1ª Inflorescência, Comprimento do Cacho e Percentual de Flores Femininas .....	74
5.2.2 - Número de Cachos, Número de Internódios e Número de Frutos .....	78
5.2.3 - Peso dos Frutos e das Sementes .....	82
5.2.4 - Percentual de Casca e Teor de Óleo .....	84
5.2.5 - Peso dos Frutos na Parcela e Total .....	88
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>94</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01.</b> Área colhida, produção, importação e exportação de mamona em baga nos principais países, quinquênios 1978/1982 a 1998/2002 e anos 2003, 2004 e 2005.....	7
<b>Tabela 02.</b> Área plantada, produtividade e produção de mamona em baga nos principais Estados e Regiões do Brasil, safras 2005/2006 e 2006/2007.....	8
<b>Tabela 03 -</b> Estimativa da distribuição das áreas irrigadas pelos diferentes métodos de irrigação no Brasil, por regiões e Estados, em 2003/04 – área irrigada por método (ha) .....	13
<b>Tabela 04.</b> Características químicas e físico-hídricas do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm. Barbalha, 2005 e 2006.....	26
<b>Tabela 05.</b> Principais características do cultivar BRS ENERGIA.....	27
<b>Tabela 06.</b> Comparativo das características de desempenho do aspersor FABRIMAR apresentado no catálogo e em condições de campo.....	30
<b>Tabela 07.</b> Resumos das análises de variância da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005 .....	39
<b>Tabela 08.</b> Resumos das análises de variância do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005.....	42
<b>Tabela 09.</b> Resumos das análises de variância da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005 .....	44
<b>Tabela 10.</b> Resumos das análises de variância do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento de cacho (CC) e percentual de flores femininas (%FF) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005 .....	48
<b>Tabela 11.</b> Resumos das análises de variância referente às variáveis números de frutos (NFr) do 1º cacho, peso dos frutos (PFr) e peso das sementes (PS) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005 .....	50
<b>Tabela 12.</b> Resumos das análises de variância referente às variáveis percentuais de casca (%C) e peso dos frutos na parcela (PFP) do 1º e 2º cacho e peso dos frutos totais (PFT) da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005 .....	53
<b>Tabela 13.</b> Resumos das análises de variância da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006.....	59
<b>Tabela 14.</b> Resumos das análises de variância do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006.....	62
<b>Tabela 15.</b> Resumos das análises de variância da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006.....	65
<b>Tabela 16.</b> Resumos das análises de variância do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento de cacho (CC) e percentual de flores femininas (%FF) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006 .....	74

- Tabela 17.** Resumos das análises de variância referente às variáveis número de cachos (NC), número de entrenós (NNO) e números de frutos (NFr) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006 ..... 78
- Tabela 18.** Resumos das análises de variância referente às variáveis peso dos frutos (PFr) e peso das sementes (PS) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006 ..... 83
- Tabela 19.** Resumos das análises de variância referente às variáveis percentual de casca %(C) e teor de óleo (TO) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006 ..... 85
- Tabela 20.** Médias do teor de óleo para o 1º e 2º cacho da mamona, irrigadas com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006 ..... 88
- Tabela 21.** Resumo da análise de variância referente às variáveis peso dos frutos na parcela (PFP) do 1º e 2º cacho, peso restante (P.RESTANTE) e peso dos frutos totais (PFT) da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006 ..... 89

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Localização da área experimental. ....	25
<b>Figura 02.</b> Disposição das parcelas em faixas dentro do bloco e o posicionamento da área da parcela, bloco e total. ....	29
<b>Figura 03.</b> Vista à direita (A) do Experimento I e vista frontal (B) do Experimento II com detalhe para a linha central de aspersores. Barbalha-CE, 2005 e 2006. ....	31
<b>Figura 04.</b> Vista lateral da área experimental devidamente limpa e identificada (A) e a identificação da parcela através de piquetes e plaquetas com o tratamento, juntamente com a etiqueta numerada (B). Barbalha-CE 2005. ....	32
<b>Figura 05.</b> Altura da planta (AP) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005. ....	41
<b>Figura 06.</b> Diâmetro do caule (DC) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005. ....	43
<b>Figura 07.</b> Área foliar da planta (AF) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005. ....	47
<b>Figura 08.</b> Comprimento do 1º e 2º cacho da mamona em função diferentes lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2005. ....	49
<b>Figura 09.</b> Número de frutos do 1º cacho (A) e peso das sementes do 2º cacho (B) da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2005. ....	52
<b>Figura 10.</b> Percentual de casca do 2º cacho (A) e produtividade do 1º e 2º cacho (B) da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2005. ....	55
<b>Figura 11.</b> Produtividade do 2º cacho da mamona em função da população de plantas (A) e produtividade total (B) em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2005. ....	58
<b>Figura 12.</b> Altura da planta (AP) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006. ....	61
<b>Figura 13.</b> Diâmetro do caule (DC) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006. ....	64
<b>Figura 14.</b> Área foliar (AF) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006. ....	67
<b>Figura 15.</b> Taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAap) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006. ....	69
<b>Figura 16.</b> Taxa de crescimento relativo da altura da planta (TCRap) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006. ....	70
<b>Figura 17.</b> Índice de área foliar (IAF) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006. ....	73
<b>Figura 18.</b> Comprimento do 1º e 2º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação (A) e da população de plantas (B) aos 60 e 80 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006. ....	77

<b>Figura 19.</b> Percentual de flores femininas do 1º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação aos 60 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006 .....	78
<b>Figura 20.</b> Número de cachos da mamona em função da lâmina de irrigação (A) e da população de plantas (B) aos 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006 .....	80
<b>Figura 21.</b> Números de frutos do 1º cacho da mamona em função da população de plantas (A) e do 2º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação (B). Barbalha-CE, 2006 .....	82
<b>Figura 22.</b> Peso das sementes do 1º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2006.....	84
<b>Figura 23.</b> Percentual de casca do 1º e 2º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2006.....	86
<b>Figura 24.</b> Produtividade do 1º e 2º cacho e total da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2006.....	93

## LISTA DE APÊNDICE

- Quadro 01:** Resumos das médias da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005..... 106
- Quadro 02:** Resumos das médias do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005..... 106
- Quadro 03:** Resumos das médias da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005..... 107
- Quadro 04:** Resumos das médias do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento do 1º e 2º cacho CC (1) e CC (2) e percentual de flores femininas do 1º e 2º cacho %FF (1) e %FF (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005..... 107
- Quadro 05:** Resumos das médias do número dos frutos (NFr), peso dos frutos do 1º e 2º cacho PFr (1) e PFr (2) e peso das sementes 1º e 2º cacho PS (1) e PS (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005..... 108
- Quadro 06:** Resumos das médias do percentual de casca do 1º e 2º cacho %C (1) e %C (2), peso dos frutos nas parcelas do 1º e 2º cacho PFP (1) e PFP (2) e peso total dos frutos (PFT) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005 ..... 108
- Quadro 07:** Resumos das médias da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006..... 109
- Quadro 08:** Resumos das médias do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006..... 109
- Quadro 09:** Resumos das médias da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006..... 110
- Quadro 10:** Resumos das médias do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento do 1º e 2º cacho CC (1) e CC (2) e percentual de flores femininas do 1º e 2º cacho %FF (1) e %FF (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006..... 110
- Quadro 11:** Resumos das médias do número de cachos (NC), número de entrenós (NNO) e número de frutos do 1º e 2º cacho NFr (1) e NFr (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006..... 111
- Quadro 12:** Resumos das médias do peso dos frutos do 1º e 2º cacho PFr (1) e PFr (2), peso das sementes do 1º e 2º cacho PS (1) e PS (2) e percentual de casca do 1º e 2º cacho %C (1) e %C (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006..... 111
- Quadro 13:** Resumos das médias do peso dos frutos na parcela do 1º e 2º cacho PFP (1) e PFP (2), peso dos frutos restantes na parcela (P. RESTANTE) e peso dos frutos total (PFT) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006 ..... 112
- Registros das médias de temperatura máxima (T. Max), temperatura mínima (T. Min), temperatura média (T. Média), umidade relativa (UR) e evaporação (Evap.) durante a condução do experimento. Agosto a Dezembro de 2005. Barbalha-CE ..... 113

Registros das médias de temperatura máxima (T Max), temperatura mínima (T Min), temperatura média (T Média), umidade relativa (UR) e evaporação (Evap.) durante a condução do experimento. Agosto a Dezembro de 2006. Barbalha-CE.....	115
Vistas da área no período de germinação da plantas e com funcionamento do sistema de irrigação .....	118
Detalhe da identificação da planta aos 40 DAG e vista da planta e da área aos 60 DAG .....	118
Vista da área aos 100 DAG com detalhe do 1º cacho seco e os 2º cachos em estágio maturação.....	119
Visita Técnica na área aos 20 DAG pelo Pesquisador Tarcísio Gondim CNPA-EMBRAPA.....	120
Distribuição da Linha Central de Aspersores na área experimental e detalhe da formação do 1º cacho da mamoneira aos 40 DAG.....	120
Referência de altura da planta para mamoneira cv BRS ENERGIA com 1º cacho formado e 2º cacho em formação aos 60 DAG .....	121
Visualização da área aos 80 DAG, observando a diminuição nas alturas das plantas da direita para a esquerda na área experimental.....	121
Estruturas das plantas que receberam lâminas diferenciadas, observando o tamanho dos cachos e do sistema radicular ao fim do experimento. ....	122

## DOTAÇÕES HÍDRICAS E POPULAÇÕES DE PLANTAS NA CULTURA DA MAMONEIRA cv. BRS ENERGIA

### RESUMO

O cultivo da mamoneira no Nordeste do Brasil destaca-se como alternativa para geração de emprego e renda na agricultura familiar. O objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação em populações de plantas de mamoneira (*Ricinus communis* L.) cv. BRS ENERGIA, da germinação até a produção. Foram conduzidos dois ensaios experimentais na Fazenda Experimental da Embrapa Algodão, localizado no município de Barbalha-CE, onde se trabalhou em delineamento de blocos ao acaso com parcelas dispostas em faixas. No Experimento I utilizaram-se dezesseis tratamentos resultantes da combinação fatorial de quatro lâminas de irrigação (294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm) e quatro populações de plantas 35.460 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,47 m), 39.682 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,42 m), 45.045 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,37 m) e 52.083 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,32 m) com quatro repetições. O Experimento II seguiu o mesmo delineamento do Experimento I com a combinação fatorial de quatro lâminas de irrigação (311,74; 460,40; 668,53 e 850,54 mm), aplicadas a quatro populações de plantas 27.777 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,60 m), 33.333 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,50 m), 41.666 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,40 m) e 55.555 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,30 m) em quatro repetições. Utilizou-se o método de irrigação por aspersão, onde as lâminas foram estimadas de acordo com a distância da linha central de aspersores em relação às faixas irrigadas. Com base nos resultados do estudo, verificou-se que irrigando com uma lâmina de água de 668,53 mm obtiveram-se as máximas respostas para altura de planta (111,43 cm); área foliar (8.111,78 cm<sup>2</sup>); taxas de crescimento absoluto da altura de planta (1,94 cm dia<sup>-1</sup>); índice de área foliar (3,25 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e produtividade (2.678,38 kg ha<sup>-1</sup>). Todavia os valores para estas variáveis superou em média 8% aos da lâmina de irrigação de 460,40 mm, o que é mais recomendado, considerando as características edafoclimáticas para a Microrregião do Cariri no Estado do Ceará, devido à economia de 208,00 mm da água de irrigação aplicada no ciclo da cultura. Em relação à população de plantas os melhores resultados para as variáveis de crescimento e desenvolvimento foram obtidos para este cultivar na população de 27.777 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60m x 0,60m), tendo uma produtividade média de 2.282,74 kg ha<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Ricinus communis* L., irrigação, densidade de plantas e produtividade.

## IRRIGATION WATER DEPTHS AND PLANTS POPULATIONS OF PLANTS CASTOR cv. BRS ENERGIA CROP

### ABSTRACT

The cultivation of castor plants in the Northeast of Brazil stands as alternative for creatin of employment and income in the family agriculture. The objective of the present study was to verify the effects of different water depths and populations of castor plants (*Ricinus communis* L.) cv. BRS ENERGIA, from germination to production. Two experiments were carried out in Experimental Farm Embrapa Algodão, located in the district of Barbalha-CE, in randomized block design with plots in strips. In Experiment I sixteen treatments resulting from the factorial combination of four water depths (294.22; 382.50; 479.75 and 679.75 mm) and four populations of plants 35,460 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.47 m), 39,682 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.42 m), 45,045 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.37 m) and 52,083 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.32 m) in four repetitions. Were used the Experiment II conducted is same design as of Experiment I and the same number of treatments and the factorial combination of four irrigation depths (311.74; 460.40; 668.53 and 850.54 mm), and four population of plants 27,777 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.60 m), 33,333 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.50 m), 41,666 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.40 m) and 55,555 plants ha<sup>-1</sup> (0.60 m x 0.30 m) with four repetitions. The irrigation method used was by aspersion, where the water depths were in accordance with line source sprinkler irrigation in relation to the irrigated strips. Oh the base of results of the study, it was verified that irrigating with a water depths of 668,53 mm the maximum response to plant height (111,43 cm); leaf area (8.111,78 cm<sup>2</sup>); rate of absolute growth of plant height (1,94 cm day<sup>-1</sup>); leaf area index (3,25 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) and productivity (2.678,38 kg plant<sup>-1</sup>) was obtained. The values for these variables were on average 8% superior in comparison to those obtained with of the irrigation water depths 460.40 mm, which is recommended, considering the edaphclimatics characteristics of Microregion of Cariri in the State of Ceará/Brazil, due the economy of the 208,00 mm of the water depths in the crop cycle. In relation to the population of plants the best results for the growth variables and development were obtained with the population of 27,777 plants ha<sup>-1</sup> (0.60m x 0.60m), with 2,282.74 kg ha<sup>-1</sup> productivity.

**WORD KEY:** *Ricinus communis* L., irrigation, density of plants and productivity.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da mamoneira se destaca pelo grande potencial no fornecimento de matéria-prima, pois o seu óleo tem muitas aplicações e devido sua versatilidade industrial, não existem bons substitutos. Isto faz com que sua demanda venha se expandindo bastante tanto no Brasil como em outros países industrializados (AZEVEDO et al. 1997a, 1997b). Uma das principais aplicações da cultura é a excelente alternativa para a obtenção do biodiesel, já que em todo mundo tem-se verificado uma demanda energética crescente, onde as prioridades se voltam para fontes energéticas renováveis (PORTAL DO BIODIESEL, 2007).

A cultura também apresenta importância social com incentivo à fixação de populações e geração de renda no campo. No semi-árido brasileiro, por exemplo, a renda anual líquida de uma família a partir do cultivo de cinco hectares com mamona e uma produção média entre 700 e 1.200 kg ha<sup>-1</sup>, pode variar entre R\$ 2,5 mil e R\$ 3,5 mil (BIODIESELBR, 2008). Além de permitir a utilização de área consorciada com outras culturas, como o feijão e o milho gerando mais renda e emprego na agricultura familiar.

Paralelamente, há necessidade de se atingir maiores produções agrícolas, devido o aumento da população mundial, o que entra em conflito com o trinômio oferta de água, qualidade ambiental e geração de renda. Logo, é extremamente importante e evidente se quantificar o consumo de água nas diversas espécies ou cultivares em cada região e nas diferentes épocas do ano, sendo, desta forma, de fundamental importância para o manejo racional e eficiente da água em sistemas de irrigação. Afinal, a água é um bem escasso e um dos fatores imprescindíveis para se obter aumento de rendimento nas culturas (BERNARDO, 1995).

Para Beltrão et al. (2003a) a irrigação tem se apresentado como uma prática eficiente no aumento da produtividade da mamona, proporcionando um aumento substancial nos números de cachos e de frutos por planta;

Azevedo et al. (1999) e Severino et al. (2006b), consideram a população de plantas outro fator fundamental no aumento da produção da cultura. Pois, a correta escolha da população de plantas é uma prática cultural simples, mas que tem grande

impacto sobre a produtividade, além de diversos aspectos do manejo da lavoura, como controle de plantas daninhas, usos de implementos agrícolas, práticas de colheitas, etc.

Entretanto, para Ramos et al. (2006), a produção rentável da matéria-prima; o desenvolvimento tecnológico da produção; a modernização da cadeia produtiva; bem como a expansão da difusão tecnológica para os produtores que são a base do agronegócio, são desafios a serem vencidos. E uma das deficiências está relacionada na disponibilidade de um reduzido número de cultivares comerciais, que na maioria das vezes, estão adaptados a condições edafoclimáticas específicas.

Neste contexto, o cultivar BRS ENERGIA pode dá grande contribuição para a Região Nordeste, por se tratar de um material genético naturalmente vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade que leva a economia na aplicação de água e insumos, além de apresentar porte baixo que é adequado para a colheita manual quando cultivada por pequenos agricultores familiares e para colheita mecânica quando cultivada por produtores que dispõem de máquinas.

### **1.1 - Objetivo Geral**

Em face ao exposto, o objetivo do presente trabalho foi obter melhores resultados de lâmina de água de irrigação e população de plantas para o cultivar BRS ENERGIA.

### **1.2 – Objetivo Específico**

- Avaliar os efeitos da lâmina de água de irrigação, observando seu comportamento nas variáveis de crescimento, desenvolvimento e produção da mamoneira cultivar BRS ENERGIA;

- Avaliar os efeitos da população de plantas, observando seu comportamento nas variáveis de crescimento, desenvolvimento e produção da mamoneira cultivar BRS ENERGIA;

- Identificar a melhor lâmina de irrigação e população de plantas, em busca da maior produtividade na mamoneira cultivar BRS ENERGIA para a Região do Cariri no Estado do Ceará;

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### **2.1 Cultura da Mamoneira**

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta cuja origem é incerta. Alguns a têm como asiática outros como africana ou como planta nativa da América. O fato é que a mamona é mencionada desde a Antigüidade. Alguns autores clássicos garantem que ela já era conhecida dos antigos egípcios, há mais de 4.000 anos e que estes já a tinham como planta milagrosa sendo igualmente usada na Índia para os mais diversos fins (SAVY FILHO, 1996).

No Brasil, são poucas as informações sobre a sua introdução, mas ela é conhecida desde os tempos coloniais quando, de seus frutos, era extraído o óleo para lubrificar os mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar. A maioria dos autores, entretanto, acredita que ela foi trazida pelos colonizadores portugueses, no primeiro século do descobrimento, sendo que sua adaptação às condições edafoclimáticas foi imediata, podendo ser encontrada, praticamente, em todo território nacional em estado subespontâneo (FORNANZIERI JÚNIOR, 1986).

A mamoneira pertence à classe *Dicotyledoneae*, ordem *Geraniales*, família *Euphorbiaceae*, gênero *Ricinus*, espécie *R. communis* L e divide-se nas subespécies *R. sinensis*, *R. zanzibariensis*, *R. persicus* e *R. africanus*, além de 25 variedades botânicas compatíveis entre si e mais de 3.000 cultivares atualmente existentes no mundo. No Brasil, se conhecem a mamona sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira e palma-de-cristo; na Inglaterra e Estados Unidos da América pelos nomes de “castor bean” e “castor seed” respectivamente. Entre seus parentes mais próximos estão a mandioca, a borracha e o pinhão manso (WEISS, 1983).

A mamoneira é uma planta que apresenta crescimento dicotômico, do tipo indeterminado, além de fortemente alométrico e heterogônico, com grandes variações na morfologia, biologia floral, fisiologia. Apresenta ramificação caulinar tipo simpodial, raízes fistulosas, elevadas taxas de respiração, tendo desenvolvimento do tipo heteroblástico, com forma juvenil diferente da forma adulta e outros aspectos (BELTRÃO et al. 2001; BELTRÃO, 2006).

As plantas desta espécie têm grande variabilidade em diversas características, como hábito de crescimento, cor das folhas e do caule, cor e teor de óleo nas sementes, dentre outras. Podem-se, portanto, encontrar tipos botânicos com porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semiperene, com folhas e caule verde, vermelho ou rosa, com presença ou não de cera no caule, com frutos inermes ou com espinhos, deiscentes ou indeiscentes, com sementes de diferentes tamanhos e colorações e diferentes teores de óleo (SAVY FILHO, 1996).

É um fitossistema com forte e penetrante sistema radicular, atingindo profundidades até três metros (POPOVA & MOSHKIN, 1986). Em regiões semi-áridas, a taxa de crescimento da raiz é maior que a parte aérea, o que demonstra que a planta fortalece primeiro o seu sistema de fixação e de absorção para que possa suportar o crescimento vegetativo e reprodutivo. Isso acontece em menor grau nas áreas onde a precipitação atinge níveis razoáveis (SAVY FILHO, 1996).

O crescimento da mamoneira é muito influenciado pelo ambiente, em especial o estado da água no sistema solo – planta – atmosfera, considerando desde a capacidade de campo (0,1 a 0,3 bar) até o potencial hídrico do ar que no caso do semi-árido do Brasil pode chegar a mais de 15 bar, com elevado gradiente de pressão negativa (tensão) no sistema em apreço (BELTRÃO, 2006).

Trata-se de uma planta de metabolismo e expressão do sexo complexo, porém o ambiente pode influenciar a sua expressão, em especial a temperatura, a nutrição mineral e as condições de cultivo, envolvendo a altitude. A polinização é mais anemófila, porém pode ser realizada também por insetos, sendo que a alogamia pode chegar a mais de 90%, dependendo do meio ambiente, cultivar e outros fatores relacionados ao manejo do ambiente. Existem tipos femininos estáveis, femininos instáveis, hermafroditas (que é o normal), com flores separadas, somente masculinas, monóicas comuns e outros (BELTRÃO et al., 2001).

A mamoneira é basicamente uma planta de fotoperíodo de dia longo, porém, se adapta bem em outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos com menos de 12 horas, mas, não menos que 9 horas, embora a partir deste limite o crescimento seja reduzido (EMBRAPA, 1997b).

Segundo Beltrão (2003a), a temperatura interfere diretamente nas taxas absoluta e relativa do crescimento, sendo o ótimo ecológico para esta euforbiácea em torno de 23°C, a umidade relativa do ar, cujo ideal ao longo do ciclo desta oleaginosa é em torno de 60% e a altitude, cujo ótimo ecológico para este fator secundário, porém muito importante para esta espécie, é em torno de 650 metros, com bom desenvolvimento em intervalos de altitude entre 300-1500 m acima do nível do mar. Apresenta boa adaptação com o orvalho que representa entrada de energia no sistema e a possibilidade de minimizar o estresse hídrico, por deficiência.

Com características de cultura resistente à seca, apresenta elevado grau de xerofitismo, com diversos mecanismos de tolerância à deficiência de água no ambiente edáfico, acumulação de metabólitos nas raízes, em especial o amido, regulação osmótica, etc. Porém é muito sensível a sais, alumínio trocável, deficiência de oxigênio no solo (hipoxia) e a temperatura supra-ótima e infra-ótima (BELTRÃO, 2006).

Apresenta capacidade de produzir satisfatoriamente bem até sob condições de baixa precipitação pluvial, sobressaindo-se também como alternativa para o semi-árido brasileiro, onde a cultura, mesmo tendo a sua produtividade afetada, tem-se mostrado resistente ao clima adverso quando se verifica perda total em outras culturas, e serve desta forma, como uma das poucas alternativas de trabalho e de renda para o agricultor da região (VIEIRA & LIMA, 2004). A mamoneira expressa rendimento máximo com precipitação de 600-700 mm distribuídas principalmente em seu estágio vegetativo. Há, no entanto, informações de boas produções obtidas na África do Sul, com precipitações pluviais de 370 – 500 mm (WEISS, 1983).

Como método eficaz de prevenção de pragas e doenças e de conservação da produtividade dos solos onde se desenvolvem os cultivos desta espécie, o Centro de Estudos de Oleaginosa da EMBRAPA tem recomendado a realização da rotação de cultura em áreas cultivadas com mamona (BELTRÃO et al., 2006). Em regiões onde predomina a agricultura familiar o sistema de cultivo em consórcio passa a ser o mais recomendado utilizando-se variedades de porte médio, uma vez que otimiza a utilização da área útil disponível e permite a ocupação de toda mão-de-obra familiar com a realização manual dos tratos culturais (AZEVEDO et al., 1997b). Entre os cultivos mais utilizados no consórcio com mamona na região semi-árida brasileira destacam-se feijão, milho, sorgo, algodão, gergelim, amendoim e abóbora.

A mamona tem como principal produto o óleo que é um triglicerídeo derivado do ácido ricinoléico, o qual constitui cerca de 90% dos ácidos graxos presentes na molécula sendo os 10% restantes constituídos de ácidos graxos não hidroxilados, principalmente dos ácidos oléicos e linoléicos.

A fórmula molecular do ácido ricinoléico ( $C_{17}H_{32}OHCOOH$ ) apresenta em sua composição um grupo hidroxila (OH), que confere ao óleo propriedade não encontrada nos demais óleos vegetais, a solubilidade em álcool. Um dos mais versáteis da natureza, este óleo tem utilidade só comparável à do petróleo, com a vantagem, porém, de ser um produto renovável e barato, além de manter-se bastante estável nas mais variadas condições de temperatura e pressão (AZEVEDO et al., 1997a).

Por sua composição química peculiar, o óleo de mamona torna-se altamente valioso para fins industriais e sua utilização em forma de biodiesel traz uma série de vantagens ambientais, econômicas e sociais.

O interesse mundial pelo biodiesel resulta de uma conjunção de fatores. Um deles é a redução pela dependência do petróleo cujas maiores reservas estão em regiões politicamente em conflitos, como o Oriente Médio; outro fator é por está relacionado às questões ambientais, que levam à substituição de combustíveis fósseis por renováveis e menos poluentes e por último é que a plantação de oleaginosas para produção de biodiesel é considerada como um resgate social, com incentivo à fixação de populações e gerador de fonte de renda no campo (PENTEADO et al., 2006).

## **2.2 Aplicações e Importância Econômica da Mamona**

A partir do processamento da semente de mamona se obtém o principal produto, o óleo, e o subproduto, a torta de mamona. Em função da toxidez da ricina, não serve para alimentação animal, mesmo tendo um alto teor de proteínas, o que deve ser revertido futuramente, a partir de estudos em desenvolvimento com este propósito. Enquanto isso, as usinas de extração do óleo vendem a torta para uso como fertilizante orgânico e, com efeito, nematicida (MADAIL et al., 2006).

Os principais produtores mundiais, no ano de 2005, foram a Índia, com 62%, seguida da China, com 20%, e o Brasil, com 13% da produção de mamona em bagas. No período compreendido entre 1978 e 2005, a Índia, a China e o Brasil mantiveram-se

como os principais produtores de mamona em baga. A participação desses países na área destinada ao plantio de mamona foi de 91%, e na produção 94% (Tabela 01). Até a metade da década de 80 do século passado, o Brasil detinha 28% da área plantada no mundo, o que representou 32% da produção. Esta posição de liderança foi perdida para a Índia e a China, que juntas ocupam 76% da área de mamona em baga, o que significa uma participação de 82% da oferta mundial (SANTOS & KOURI, 2006).

**Tabela 01.** Área colhida, produção, importação e exportação de mamona em baga nos principais países, quinquênios 1978/1982 a 1998/2002 e anos 2003, 2004 e 2005.

Principais países e total mundial	Médias quinquênais					Anos		
	1978/1982	1983/1987	1988/1992	1993/1997	1998/2002	2003	2004	2005
<b>Área (ha)</b>								
Índia	504.520	597.540	703.000	726.880	769.120	625.000	650.000	800.000
China	196.000	235.400	267.000	222.400	333.600	280.000	270.000	270.000
Brasil*	414.967	379.809	247.473	119.361	133.880	130.230	165.430	214.751
Etiópia	11.600	12.000	13.040	13.900	14.500	14.500	14.500	14.500
Paraguai	21.240	22.260	16.958	11.587	8.890	8.000	11.000	10.000
Mundo*	1.506.707	1.571.695	1.484.514	1.218.902	1.366.497	1.162.735	1.216.035	1.409.793
<b>Produção</b>								
Índia	163.140	321.600	569.760	798.160	712.780	580.000	804.000	870.000
China	123.892	238.000	292.000	216.000	334.600	400.000	275.000	268.000
Brasil*	281.376	235.960	130.546	53.833	67.758	86.888	149.099	176.763
Etiópia	11.600	12.000	13.040	14.060	15.100	15.000	15.000	15.000
Paraguai	20.580	23.572	18.961	15.972	11.439	10.000	13.000	11.500
Mundo*	875.367	1.008.113	1.149.896	1.162.820	1.366.497	1.144.318	1.311.679	1.393.812
<b>Importação</b>								
Alemanha	25.883	36.062	32.187	23.094	15.592	6.000	53	-
Brasil	10.286	33.047	23.077	4.550	914	9.332	9.644	-
Tailândia	7	2.216	18.401	13.515	6.227	2.395	8.009	-
Japão <sup>1</sup>	29.567	38.080	27.497	2.986	6	0	2	-
Mundo	82.474	125.682	112.535	45.242	23.993	20.076	23.397	-
<b>Exportação</b>								
Paraguai	17.640	15.272	14.631	2.622	1.137	8.803	9.456	-
Índia	15	7	0	21.040	12.625	1.917	1.339	-
Paquistão	9.200	7.983	4.752	3.410	1.056	885	6.620	-
China	14.800	81.157	85.487	16.088	154	49	56	-
Mundo	82.140	126.895	116.943	45.797	17.079	13.930	24.225	-

Fonte: FAO (2006).

<sup>1</sup>Incluído por ter sido, em média, o principal importador nos períodos de 1978/1982 e 1983/1987 e o segundo maior importador no período 1988/1992.

(-) Dados não disponíveis.

(\*) Dados corrigidos.

Especificamente referente aos dados do Brasil (Tabela 02), temos que depois de um período de estagnação em relação às áreas cultivadas, produtividade e produção de mamona, verificam-se um ligeiro acréscimo entre as safras 2005/06 para 2006/07 CONAB, (2007). A Bahia continua se destacando como estado de maior área cultivada e maior produção, seguidos distante pelos Estados do Piauí e Ceará, enquanto as maiores produtividades são encontradas nos estados do sul/sudeste, especificamente no Paraná, onde se estima uma produtividade de 1.900 kg ha<sup>-1</sup> de mamona.

Estudos verificaram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Resultam ainda, em reduções nas emissões de enxofre em 20%, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não queimados, 26,8% de material particulado, 4,6% de óxido de nitrogênio e 90% as emissões de fumaça (CONCEIÇÃO et al., 2004). O óleo é considerado de grande valor na indústria automotiva, como componente de polímeros ou como lubrificante para motores de alta rotação e carburante de motores a diesel.

São três os principais métodos utilizados na sua extração, variando de acordo com a destinação final do produto a ser obtido, sendo eles: a prensagem a frio e a quente e o uso de solventes; o óleo obtido da prensagem a frio é classificado como medicinal,

**Tabela 02.** Área plantada, produtividade e produção de mamona em baga nos principais Estados e Regiões do Brasil, safras 2005/2006 e 2006/2007.

Região/UF	Área (mil/ha)		Produtividade (kg/ha)		Produção (mil ton)	
	Safra 05/06	Safra 06/07	Safra 05/06	Safra 06/07	Safra 05/06	Safra 06/07
Nordeste	142,2	203,9	673	708	95,7	144,4
PI	15,8	15,9	440	797	7,0	12,7
CE	10,1	10,1	825	865	8,3	8,7
RN	0,8	0,8	870	750	0,7	0,6
PE	7,4	7,4	650	555	4,8	4,1
BA	108,1	169,7	650	700	74,9	118,8
Sudeste	5,2	4,7	1.442	1.468	7,5	6,9
MG	3,3	2,8	1.400	1.400	4,6	3,9
SP	1,9	1,9	1.500	1.580	2,9	3,0
Sul	0,5	0,5	1.400	2.000	0,7	1,0
PR	0,5	0,5	1.300	1.900	0,7	1,0
N/NE	142,2	203,9	673	708	95,7	144,4
Centro/Sul	5,7	5,2	1.439	1.519	8,2	7,9
<b>Brasil</b>	<b>147,9</b>	<b>209,1</b>	<b>703</b>	<b>728</b>	<b>103,9</b>	<b>152,3</b>

Fonte: CONAB – Quarto Levantamento. Quadro 19. Jan 2007

caracterizando-se por sua elevada pureza; já na obtenção pela prensagem a quente, o óleo precisa ser submetido a um processo de purificação para retirada de gomas e substâncias corantes recebendo a denominação comercial de Óleo nº. 01; por fim, o óleo obtido através da extração por solventes tem origem nas tortas residuais de prensagem e denomina-se Óleo nº. 03 (CHIERICE & NETO, 2001; FREIRE et al., 2001).

O projeto de transformação do óleo da mamona em óleo diesel, utilizado em qualquer motor (tratores e/ou caminhões), sem nenhuma adaptação, trata-se de um dos maiores e mais promissores campos de utilização desta espécie vegetal, uma vez que se tem um combustível renovável, ecologicamente correto, que na sua combustão não emite substâncias poluentes, ao contrário dos combustíveis fósseis (PARENTE, 2003). Isto tem provocado uma profunda reestruturação no elo industrial da cadeia produtora, pretendendo-se elevar consideravelmente a produção da mamona.

Outros co-produtos da mamoneira têm amplo espectro de utilização, sendo usado na fabricação de tecidos de nylon, na siderurgia como óleo de corte para laminagem, na indústria para acabamento de peles finas, pinturas e vernizes. Na medicina têm sido utilizadas suas qualidades purgativas (AZEVEDO et al., 1997b).

Por outro lado, o segundo principal produto da mamona, a torta originada da prensagem/esmagamento das sementes para retirada do óleo, é bastante utilizada como fertilizante, constituindo-se num adubo orgânico rico em nitrogênio, que ao ser incorporado ao solo tem funcionado como um excelente melhorador de suas propriedades físico-químicas e biológicas, principalmente pela riqueza dos macronutrientes primários presentes na sua constituição (FREIRE, 2001). Para cada tonelada de semente de mamona é gerada cerca de meia tonelada de torta celulósica.

A torta de mamona se mineraliza rapidamente, cerca de seis vezes mais rápido que esterco bovino e quatorze vezes mais rápido que o bagaço de cana, disponibilizando, através da nitrificação, de 75 e 100% do nitrogênio presente na sua constituição em período médio de três meses (SEVERINO et al., 2004b).

A partir da ricinoquímica (química do óleo de mamona) pode-se chegar à geração de produtos estratégicos e bem mais sofisticados, como é o caso das próteses humanas e dos produtos utilizados nas indústrias farmacêuticas de cosméticos, telecomunicações e aeronáutica (CHIERICE & NETO, 2001).

Diferentemente da soja, girassol, amendoim e outras oleaginosas, a mamona não é destinada à alimentação humana, conseqüentemente, sob o ponto de vista social não haveria concorrência com tal mercado. As discussões a respeito do biodiesel têm procurado priorizar oleaginosas que propiciem maior emprego de mão-de-obra e insira regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico (PIRES et al., 2004).

Fato importante a ser observado na cultura foi a partir do momento em que as pesquisas se intensificaram na transformação de óleos vegetais e animais em biodiesel, recebendo forte apoio do Governo Federal, onde a mamona começou a ser altamente cotada como uma das fontes de matéria-prima para a extração do biodiesel (MADAIL et al., 2006).

No Nordeste do Brasil, em especial no semi-árido, a mamona tem se mostrado altamente promissora, por sua fácil adaptação ao clima da região. O cultivo de mamona tem se intensificado e várias indústrias de extração de óleo e produção de biodiesel estão em fase de adaptação ou de construção (BELTRÃO et al. 2003).

A Bahia se destaca como principal produtor nacional e manteve a área e a produção estável no período de 1988 a 2000 cultivando ao redor de 150 mil hectares, enquanto a produção foi cerca de 65 mil toneladas. Em relação à produção nacional de 2005 o Estado da Bahia representou a maior área e a maior produção de mamona em baga do País. Quanto à área colhida, a Bahia participou com 79%, complementada pelo Ceará, com 6% da área, Piauí, com 4,9%, Pernambuco, com 3,76% e o restante da produção ficou para os outros Estados.

Schechtman & Pires (2006), baseado no consumo nacional de diesel de 2003, projetaram a necessidade de 700 mil toneladas do combustível vegetal, com adição de apenas 2% de biodiesel. Com base na produção de mamona, será preciso aumentar em mais de 1.200% a produção da cultura, o que parece, segundo os autores, não ser viável.

Aliado a esta problemática existe um grande desafio ainda a ser superado na região semi-árida brasileira produtora de mamona que é o baixo rendimento médio alcançados nos cultivos, apesar dos incrementos ocorridos nos últimos anos. Santos & Kouri (2006), constataram que o Estado da Bahia, maior produtor nacional desta espécie vegetal, entre os anos de 2003 e 2005 obteve rendimentos médios de 695,3 kg ha<sup>-1</sup>, contra 1.580,3 kg ha<sup>-1</sup> alcançados no Estado de São Paulo para o mesmo período.

Uma das alternativas para aumentar a produtividade da cultura, pode ser a irrigação, onde em estudos se tem observado que a mamoneira pode incrementar a produtividade pelo aumento do número de cachos por planta, de frutos por cacho e do peso da semente (KOUTROUBAS et al., 1999).

Embora a irrigação seja uma prática pouco utilizada na cultura da mamoneira, tendo ocorrido geralmente no caso de produção de sementes. No entanto, existem exemplos de sucesso da irrigação na mamona como no caso da Fazenda Bem Bom, no município de Santana-BA, onde utilizando pivô central foi obtido um rendimento médio de 5.400 kg ha<sup>-1</sup> de bagas em uma área de 100 ha, utilizando o cultivo da BRS Nordestina, resultados semelhantes foram obtidos com o cultivar BRS Paraguaçu, na mesma localidade (CARVALHO, 2005).

### **2.3 Sistema de Irrigação**

A água é essencial aos seres vivos e fator de fundamental importância à produção de alimentos. A agricultura tem sido responsável por grande parcela da água utilizada, tornando-se necessária a implantação de sistemas de irrigação eficientes, além da utilização de métodos que quantifiquem as reais necessidades hídricas das culturas para que não haja desperdícios.

A transformação nas paisagens de terras áridas, semi-áridas e sub-úmidas por meio da agricultura irrigada tem sido uma realidade em diversas regiões do mundo ao longo do tempo. Quando adequadamente utilizada, a irrigação permite a diversificação das atividades agrícolas, gerando oportunidades de obtenção de maiores produções por meio de aplicações de tecnologias inovadoras e utilização de culturas alternativas para suprir as demandas de mercado interno, externo e da agroindústria regional (BARRETO et al., 2004).

No entanto, os benefícios reais da prática de irrigação ocorrem quando há planejamento adequado das diversas etapas do processo produtivo, além do dimensionamento e manejo correto dos sistemas de irrigação. O planejamento envolve estudos abrangentes de viabilidade sócio-econômica, desde a escolha da cultura a ser plantada até as condições de armazenamento e escoamento da produção (LIMA et al., 2007).

A área irrigada no mundo está em torno de 260 milhões de hectares e corresponde a 17% da área cultivada, sendo responsável por 40% da produção total de alimentos. No Brasil, os dados dispostos na Tabela 03 indicam valores de aproximadamente 3,45 milhões de hectares, correspondendo a aproximadamente a 5% da área cultivada, 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção (MANTOVANI et al., 2007).

A irrigação representa 60% de todo o consumo, sendo responsável por grandes desperdícios dos recursos hídricos. A competição pelo uso da água já é uma realidade em nosso País, onde leis e regulamentações federais como as do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que responde sobre a Política Nacional do Meio Ambiente com destaque para a Resolução nº 284/2001 que dispõe sobre o licenciamento dos empreendimentos de irrigação. Além de leis estaduais que também determinam as políticas de uso e conservação dos recursos hídricos (COLLETI & TESTEZLAF, 2004).

No caso do semi-árido brasileiro e em outras regiões tropicais de clima quente e seco, a prática de irrigação é a única maneira de garantir uma produção agrícola com segurança. Pois, há deficiência hídrica nas plantas e a irrigação é utilizada durante maior parte do ano para suprir a demanda de água pelas culturas, provocada pela distribuição irregular das chuvas, com as taxas de evapotranspiração maiores que a de precipitação. Neste cenário, o uso da irrigação tem se tornado cada vez mais freqüente, porém, nem sempre seguindo padrões corretos de dimensionamento e manejo (DRUMOND et al., 2002).

No dimensionamento devem ser feitos estudos específicos na área a ser irrigada, abrangendo conhecimentos básicos sobre o solo, a topografia do terreno, a quantidade e a qualidade da água e as condições do clima e das culturas a serem exploradas. Para o manejo da irrigação, os conhecimentos básicos devem ser utilizados para aplicação da água no momento certo e na quantidade necessária as plantas, envolvendo também, as características dos sistemas de irrigação, para definição do tempo de aplicação de água (LIMA et al., 2007).

**Tabela 03** - Estimativa da distribuição das áreas irrigadas pelos diferentes métodos de irrigação no Brasil, por regiões e Estados, em 2003/04 – área irrigada por método (ha)

Região/Estados	Superfície e Drenagem	Aspersão Convencional	Pivô Central	Localizada	Total
BRASIL	1.729.834	662.328	710.553	337.755	3.440.470
Tendência Atual	↓	→	↑	↑	↑
NORTE	84.005	9.125	2.000	4.550	99.680
Rondônia	-	4.430	-	490	4.920
Acre	550	160	-	20	730
Amazonas	1.050	750	-	120	1.920
Roraima	8.350	420	150	290	9.210
Pará	6.555	165	-	760	7.480
Amapá	1.480	370	-	220	2.070
Tocantins	64.020	2.830	1.850	2.650	73.350
NORDESTE	207.359	238.223	110.503	176.755	732.840
Maranhão	24.240	12.010	3.630	8.360	48.240
Piauí	10.360	7.360	880	8.180	26.780
Ceará	34.038	18.238	2.513	21.351	76.140
Rio Grande do Norte	220	2.850	1.160	13.990	18.220
Paraíba	30.016	8.420	1.980	8.184	48.600
Pernambuco	31.640	44.200	9.820	12.820	98.480
Alagoas	7.140	58.500	6.060	3.380	75.080
Sergipe	30.445	8.825	310	9.390	48.970
Bahia	39.260	77.820	84.150	91.100	292.330
SUDESTE	219.330	285.910	366.630	116.210	988.080
Minas Gerais	107.000	107.970	89.430	45.800	350.200
Espírito Santo	17.340	56.480	13.820	11.110	98.750
Rio de Janeiro	15.020	15.250	6.760	2.300	39.330
São Paulo	77.970	106.210	256.620	57.000	499.800
SUL	1.155.440	94.010	37.540	14.670	1.301.660
Paraná	21.240	42.210	2.260	6.530	72.240
Santa Catarina	118.200	21.800	280	3.140	143.420
Rio Grande do Sul	1.016.000	30.000	35.000	5.000	1.086.000
CENTRO-OESTE	63.700	35.060	193.880	25.570	318.210
Mato Grosso do Sul	41.560	3.980	37.900	6.530	89.970
Mato Grosso	4.200	2.910	4.120	7.300	18.530
Goiás	17.750	24.350	145.200	10.400	197.700
Distrito Federal	190	3.820	6.660	1.340	12.010

Fonte: Christofidis, D. *Revista ITEM*, n. 69/70, p. 87 A 97, 2006.

No passado, a utilização da irrigação era uma opção técnica de aplicação de água que visava principalmente à luta contra a seca. Atualmente, a irrigação, no foco do agronegócio, se insere num conceito mais amplo de agricultura irrigada (MANTOVANI et al., 2007), onde a não observância de determinados princípios básicos, como a escolha do método de irrigação apropriado para a aplicação de água de qualidade

conveniente, conduz, quase sempre, a deterioração das propriedades físicas, químicas do solo e biológicas do sistema solo-planta, limitando com isso o potencial produtivo da cultura (AMORIM, 1994).

A aplicação de água no solo, com finalidade de fornecer as espécies vegetais umidade ideal para o seu desenvolvimento pode ser feita por meio de diversos métodos de irrigação. A irrigação por aspersão é um dos métodos mais utilizados em todo mundo, pela possibilidade de aplicação de água em quase todo tipo de cultura, solo e topografia, facilidade de manejo proporcionando maior aproveitamento da área e maior uso racional da água (ROCHA, 1998).

No método de irrigação por aspersão, a água é aplicada ao solo sob forma de chuva artificial, por meio do fracionamento de um jato de água em grande número de gotas que se dispersam no ar e caem sobre a superfície do terreno ou do dossel vegetativo. Destacam-se nesse grupo, os seguintes sistemas: convencional, ramal rolante, montagem direta, autopropelido, pivô central e linear. Nesse grupo estão os principais sistemas que constituem a maior linha de equipamentos de irrigação comercializada no País (COSTA et al., 1994).

A qualidade de uma irrigação é dada pela uniformidade de distribuição de água. Essa uniformidade expressa em termos de um índice que tem sido freqüentemente a base para comparações de desempenho do sistema de irrigação (WALKER, 1979). Um sistema de irrigação bem projetado pode aplicar água com alta uniformidade e eficiência e com intensidade suficientemente baixa para evitar o escoamento, permitindo, ao mesmo tempo, uma adequada e uniforme lixiviação dos sais (AYERS & WESCOT, 1999).

Diante das circunstâncias atuais de economia de água na irrigação, para a elaboração de um projeto de irrigação por aspersão uma boa uniformidade de aplicação de água só é assegurada quando são conhecidas as características de distribuição de água dos aspersores. A uniformidade é um dos parâmetros que reflete a qualidade da irrigação, sendo que este termo refere-se aos parâmetros de desempenho associados à variabilidade da lâmina de irrigação (FRIZZONE, 1997).

De acordo com o referido autor, a uniformidade é uma grandeza que caracteriza todo o sistema de irrigação e intervém no seu projeto, tanto agrônômico, por afetar o

cálculo da quantidade de água necessária para irrigação, quanto no hidráulico afetando também o cálculo dos emissores de água, a vazão do sistema e o tempo de irrigação.

Keller & Bliesner (1990) relatam que vários fatores podem influenciar na uniformidade de distribuição de água, destacando-se: a pressão de serviço, o diâmetro do bocal, o espaçamento entre aspersores e fatores variáveis como umidade relativa, velocidade e direção do vento.

O vento, a umidade relativa do ar e a temperatura são os principais fatores climáticos que afetam o uso da irrigação por aspersão. O vento afeta a uniformidade de distribuição dos aspersores, e, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar, afetam a perda de água por evaporação (BERNARDO, 1995).

Em termos econômicos, a implantação e a operação de sistemas de irrigação envolvem custos elevados e, normalmente, a máxima produtividade física não corresponde à maior receita líquida, devido à natureza complexa da resposta das culturas à irrigação, variabilidade climática e flutuações das condições econômicas (ALGOZIN et al., 1988).

Para que a irrigação possa proporcionar uma produção satisfatória, produtos de boa qualidade, além de otimizar a utilização da lâmina de irrigação, dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos mananciais, devem-se levar em conta o consumo de água pelas plantas através da evapotranspiração (necessidades hídricas) e dos coeficientes de cultivo que são parâmetros importantes e de grande importância para o sistema de irrigação a ser aplicado (FERREIRA, 1990).

O conhecimento da resposta da cultura às condições de umidade do solo e demanda evaporativa da atmosfera são os elementos básicos para um manejo adequado da irrigação (ANDRADE JÚNIOR, 1992). A aplicação da lâmina de irrigação na quantidade correta e no momento adequado é fundamental, por isso, o estabelecimento da evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>c</sub>) deve ser feito de forma criteriosa, a fim de proporcionar um correto dimensionamento de sistemas de irrigação.

A suplementação hídrica da cultura para atender sua demanda, normalmente, é realizada pela chuva ou irrigação parcial (estação chuvosa) ou irrigação total (estação seca). Essa suplementação, quando feita via irrigação (parcial ou total), em uma determinada região depende, basicamente, da demanda evapotranspirativa local –

evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Por isso, os estudos voltados para a definição da ocorrência prévia de prováveis valores de ET<sub>o</sub> e precipitação, em diferentes escalas de tempo, em uma região assumem grande importância para o planejamento agrícola, para determinar a lâmina de água a ser aplicada e o dimensionamento de sistemas de irrigação (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004).

O conhecimento da ET<sub>c</sub> é fundamental em projetos de irrigação, pois ela representa a lâmina de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais. Para controlar estas dificuldades, utilizam-se estimativas da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), corrigidas por um coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) (PEREIRA et al., 1997).

O K<sub>c</sub> é um parâmetro que é passível de ajuste e está diretamente relacionado com a demanda hídrica e é influenciado pelo tipo de cultura, pela idade fenológica da mesma e as características climáticas do local. O K<sub>c</sub> pode ser estimado para as fases de desenvolvimento inicial (K<sub>cini</sub>), médio (K<sub>cmed</sub>) e final (K<sub>cfin</sub>), possibilitando, assim, a obtenção de parâmetros corrigidos de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura e o local de plantio (AZEVEDO, 1998).

Todos esses parâmetros são importantes, mas para Mantovani et al., (2007) nas condições atuais, o futuro da irrigação depende de produtividade e rentabilidade, com eficiência no uso da água, de energia e de insumos e respeito ao meio ambiente. A busca desses conceitos vem sendo importante, mas limitada, pois tem sido focada do ponto de vista de engenharia, negligenciando-se o manejo. Mesmo considerando a melhoria dos sistemas modernos de irrigação, com maior eficiência de distribuição de água nas mais diversas situações, a falta de um programa de manejo pode levar tudo a perder, seja pela aplicação de água em excesso (mais comum) ou pela sua falta, antes ou depois do momento adequado em cada fase da cultura, nas situações vigentes. De que adiantará a engenharia desenvolver sistemas cada vez mais precisos e eficientes se os irrigantes não souberem à hora de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada.

### 2.3.1 Linha Central de Aspersores

A linha central de aspersores ('Line Source Sprinkler Irrigation') tem sido satisfatoriamente utilizada para a aplicação de um gradiente contínuo de água, em experimentos que visam estudar o efeito da irrigação sobre as culturas. Este sistema é bastante útil para o desenvolvimento de resposta das culturas (HANKS et al., 1976, MILLER & HANG, 1980 e ENGEL, 1991), permitindo a redução da área de ensaio, quando comparado com os sistemas tradicionais, além de ser econômico, de fácil instalação e operação. O funcionamento deste sistema possibilita a introdução de variáveis dentro das parcelas de água, seguindo uma disposição casualizada (MELLO JÚNIOR, 1992).

Esse sistema tem sido utilizado em diversos estudos sobre lâminas de irrigação contribuindo grandemente para a determinação de funções de produção das culturas para o fator água. Constitui-se de uma linha de aspersores estreitamente espaçados entre si, aplicando água em doses decrescentes na direção perpendicular à tubulação (MENDONÇA et al., 1999).

Hanks et al., (1976) citam que esse tipo de sistema apresenta uma uniformidade adequada de distribuição de água, com aspersores espaçados de aproximadamente 20% de seu diâmetro molhado, e que a variação de pressão entre o início e o final da linha não deve ser maior que 1%.

Willardson et al. (1987) verificaram que esta uniformidade é maior nas menores distâncias relativas à linha central e que menores espaçamentos entre aspersores melhoram a uniformidade de aplicação longitudinal.

O efeito do vento sobre o sistema é de extrema importância, pois sua ação altera completamente a distribuição de água. GOMIDE et al. (1991) não verificaram distorções significativas no perfil de distribuição de água, considerando ideal, situações onde a velocidade do vento não ultrapasse  $1 \text{ m s}^{-1}$ .

Segundo Mello Júnior (1992), devido à alta taxa de aplicação de águas nas áreas próximas à linha de aspersores, eventuais acúmulos de água superficial podem suceder, possibilitando a ocorrência de deflúvio.

Todavia, para Doorembos & Pruit (1997) é necessário prever os programas de irrigação durante a fase de planejamento, com base no balanço hídrico mensal e na escolha do nível de esgotamento de água disponível, de acordo com o tipo da cultura e os dados do solo.

#### **2.4 Lâmina de Irrigação**

O efeito da irrigação na produtividade das culturas é variado. Muitas culturas apresentam boas respostas à irrigação, outras, apresentam pequenas respostas e não são tradicionalmente irrigadas. A deficiência de água normalmente é o fator mais limitante para a obtenção de produtividade elevada e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial (SILVA & MAROUELLI, 1998).

O manejo da irrigação deve ser feito de modo a proporcionar à cultura, condições de disponibilidade hídrica que permitam a expressão do potencial genético de produtividade; sendo assim, são muito importantes a identificação do momento oportuno de aplicação de água e a quantificação da lâmina a ser aplicada, evitando que as plantas sofram por déficit ou excesso de água (BEZERRA et al., 1999).

O manejo otimizado da irrigação requer uma estimativa sistemática do estado energético de água no solo para determinar as quantidades apropriadas e o tempo de irrigação. O conteúdo de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, onde a água disponível para a planta não é limitada, enquanto a lixiviação é prevenida (MORGAN et al., 2001).

O uso eficiente da água na agricultura irrigada requer vistorias periódicas dos equipamentos e a lâmina média aplicada deve ser tanto quanto possível igual à demanda hídrica da cultura, o que exige adequado dimensionamento e manejo do sistema de irrigação. Nenhum sistema de irrigação é capaz de aplicar água com perfeita uniformidade na área irrigada e descrevendo o termo uniformidade, sempre há variabilidade da lâmina d'água distribuída na superfície do terreno (REZENDE et al., 2002).

A lâmina e a frequência de irrigação devem-se adaptar aos critérios de suprimento de umidade do solo relativo a cada cultura, tipo de solo e clima. Onde as diferenças de lâmina e frequência de aplicação de água dependem principalmente das

variações de profundidades efetivas das raízes e do nível máximo de esgotamento da água disponível do solo para as culturas (FAO/UNESCO, 1973).

Para Frizzone et al. (1994) a lâmina de irrigação média na área efetivamente aplicada é estimada através das lâminas coletadas durante o teste do sistema de irrigação utilizando um fator de ponderação proporcional à área representada pelo coletor. A determinação da lâmina média é de suma importância devido a sua ampla utilização na avaliação do sistema de irrigação, pois a mesma é utilizada no cálculo do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), uniformidade de distribuição de Criddle, coeficiente de variação, área deficientemente irrigada, eficiência de aplicação e de armazenagem de Walker e na determinação da lâmina de irrigação.

Existem muitos relatos que a capacidade de retenção de água pelas culturas pode ser relativamente constante para uma condição de dossel cheio, mas que a percentagem de água armazenada pelo dossel depende da lâmina aplicada em cada irrigação, além das características da variedade, espaçamento de plantas e índice de área foliar. Portanto, o aprimoramento do manejo de irrigação será indispensável para se obter uma produção agrícola sustentável e atender as crescentes demandas de alimentos em países em desenvolvimento (JENSEN et al., 1990).

Também é importante salientar, que o déficit hídrico não é limitado apenas às regiões áridas e semi-áridas do mundo, às vezes mesmo em regiões consideradas climaticamente úmidas, a distribuição irregular das chuvas pode, em alguns períodos, limitar o crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2004). Os seus efeitos respondem em diversos processos fisiológicos das plantas, visto que o estresse geralmente aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese. Muitos desses efeitos refletem mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente (NOGUEIRA & SANTOS, 2000).

Vários são os estudos envolvendo lâminas de irrigação nas mais diversas culturas. Para a cultura da mamoneira citam-se os trabalhos de Barros Júnior (2007) “Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona” e Rodrigues (2008) “Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária” onde ambos retratam que uma boa disponibilidade de água acima de 80% é imprescindível para que a cultura

possa se desenvolver, crescer e produzir satisfatoriamente. Além de necessitar de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas e requerer manejo compatível com sua capacidade de retirada de água na zona padrão de ocupação das raízes, evitando desperdícios de água e saturação do perfil do solo na área de cultivo (BARRETO, 2004).

De acordo com Amorim Neto et al. (2001), a mamoneira necessita de chuvas regulares durante a fase vegetativa e de períodos secos na maturação dos frutos, sendo viável economicamente em áreas onde a precipitação pluvial mínima esteja entre 400 e 500 mm.

O manejo das irrigações e a demanda hídrica da mamoneira são variáveis e podem ser influenciadas tanto pelas condições climáticas, como pelo estágio de desenvolvimento das plantas, tipo de solo e condições de umidade na zona radicular.

## **2.5 Densidade Populacional**

O conhecimento de variáveis relacionadas aos componentes da produção de uma cultura pode definir de modo racional, as metas para se obter a otimização na função de produção. Dentre alguns componentes, a quantidade de energia que os tecidos vegetais conseguem captar do sol determina o limite superior do potencial produtivo e os demais fatores podem ser manejados pelo produtor em diferentes níveis tecnológicos (JOHNSON, 1982). A população de plantas caracteriza-se como um dos componentes que definem os rendimentos das culturas.

A variação na densidade e no espaçamento proporciona uma maior ou menor penetração da luz no dossel das plantas, desta forma, uma melhor distribuição de luz poder ser conseguida com um melhor arranjo das plantas, proporcionando às folhas inferiores maiores iluminação, podendo, assim, contribuir de forma mais ativa no processo de fotossíntese (REZENDE et al., 2004).

A densidade populacional e sua configuração no campo em relação à incidência de luz também são importantes fatores para se alcançar um patamar com taxa de retorno ideal na curva de rendimento, além de permitir um bom aproveitamento do terreno, proteger o solo contra erosão e resultar na melhoria substancial de produtividade e qualidade do produto e renda líquida para o agricultor (PEREIRA et al., 1999).

A população de plantas é definida pelo espaçamento entre linhas e a distância entre as plantas dentro da linha, normalmente chamada de densidade. O estande de plantas (número de plantas vivas) também influencia a população final de plantas, mas nos cálculos teóricos, geralmente este fator é desconsiderado, pois sempre se almeja o estande de 100%, embora este dificilmente ocorra (MORAES et al., 2006).

Larcher (1986), referindo-se ao rendimento por unidade de área do solo, relata que uma comunidade menos densa de plantas é menos produtiva do que uma de maior densidade. Entretanto, se as plantas estiverem muito próximas uma das outras e a folhagem se sobrepuser em grande extensão, a luz, na maioria dos lugares sombreados, não será mais suficiente para manter positivo o balanço de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, o rendimento da cultura será reduzido. Outro fator importante é quando a densidade de plantas aumenta por unidade de área, pois se atinge um ponto onde as plantas competem por fatores essenciais de crescimento, como nutrientes, luz e água (JANICK, 1968).

Espaçamento e densidade populacional de plantas devem estar relacionados com a cultura e com a fertilidade do solo, além das condições de mecanização e de irrigação. As culturas de porte alto devem ser arranjadas em espaçamentos maiores e as de porte médio e baixo permitem maiores produtividade com uso de espaçamentos menores. O efeito do vento e a infestação de ervas daninhas são reduzidos com o uso de menores espaçamentos (BARRETO et al., 1992).

Como na prática a cultura fica exposta às intempéries climáticas, a irrigação é uma medida importante para garantir o suprimento hídrico à cultura nos momentos de demanda, logo, devem-se ter indicadores seguros quanto a estas populações, já que o suprimento hídrico pode ser estimado, quantificado e distribuído para atender as necessidades evapotranspirativa nas diferentes fases fenológicas das culturas (BARRETO et al., 1994).

O sistema radicular das plantas cultivadas desempenha importante papel nos estudos das interações que ocorrem entre o solo, as plantas e outros organismos vivos, uma vez que o conhecimento da sua distribuição permite o uso mais racional de práticas de cultivo tais como de manejo e adubação do solo. O conhecimento da distribuição estática ou dinâmica do sistema radicular de qualquer cultura constitui-se, também, numa relevante ferramenta para a determinação do espaçamento das plantas e, com isso,

auxiliar na elaboração do projeto de irrigação, bem como num elemento essencial para qualquer plano de manejo da irrigação (COELHO et al., 2001).

A tendência atual é a redução do espaçamento entre linhas das diversas culturas, principalmente quando se obtém genótipos de porte baixo. Essa redução promove a distribuição mais equidistante de plantas, podendo aumentar a eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa, água e nutrientes, incrementando a produtividade (PASZKIEWICZ, 1996). Em função disso, trabalhos de pesquisa enfocando alternativas de espaçamento entre linhas, densidade de plantas, adaptação de híbridos e eficiência no manejo da cultura têm recebido mais atenção em estudos científicos.

Alguns estudos como os citados por Sangoi et al. (2004), determinou que plantas de milho espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores; contudo, devido à interação, o efeito positivo da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos se manifestam mais claramente quando são utilizadas altas densidades, porém os resultados ainda não são consensuais, já que as condições ambientais e os genótipos variam entre os locais.

Para Cardoso et al. (2003), observaram também em seus estudos com adensamentos de plantas de milho que em seu primeiro tratamento (2,5 plantas m<sup>-2</sup>) obtiveram uma produção de 4.288 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, enquanto que no último tratamento (10 plantas m<sup>-2</sup>) obtiveram uma produção de 13.918 kg ha<sup>-1</sup>, de maneira semelhante também foram observados aumentos da produção nos outros adensamentos (5,0 e 7,5 plantas m<sup>-2</sup>).

Na cultura da mamona, são escassas as informações científicas sobre o espaçamento adequado entre linhas e a distância entre plantas nas linhas. O espaçamento de 3 m entre linhas tem sido recomendado para o cultivar BRS Nordestina em diversos ambientes (BELTRÃO et al., 2003), mas há indícios de que o adensamento populacional possa proporcionar aumento de produtividade (SEVERINO et al., 2006b), em outros genótipos em determinadas condições de solo e clima.

Savy Filho (2005) aconselha não ultrapassar a população de 15.000 plantas ha<sup>-1</sup> (espaçamento entre linhas de 0,80 a 1,35 m e a distância de plantio da semente na linha de 0,70 a 0,80 m). Em estudos realizados por Severino et al. (2006a), observou-se que espaçamentos mais estreitos (2 m), utilizando a cultivar BRS Nordestina (porte médio) propiciaram produtividade maior que nos espaçamentos mais largos, indicando que o

adensamento populacional poderia ser adotado como forma de aumentar a produtividade.

Na Bolívia é comum o uso do espaçamento 0,90 m x 0,45 m, 0,70 m x 0,70 m, para os híbridos Savana, Lyra e Íris todos de porte anão, e 2,00 m x 1,00 m, para a Mirante-10. Novos híbridos trazidos da Índia têm mostrado potencial produtivo considerável, mas não há informações locais a respeito do comportamento desses materiais em diferentes populações de plantio (FERREIRA et al., 2006).

Alguns técnicos têm verificado produtividades de 900 a 1.800 kg ha<sup>-1</sup> no plantio de híbridos, no cerrado do Mato Grosso, no espaçamento de 0,90 a 1,00 m entre linhas e 0,35 m entre plantas (RANGEL et al., 2003). Outro estudo recente para a cultura da mamona foi realizado por Gondim et al. (2004), aonde conduziram um trabalho que avaliou o comportamento e a produtividade de dois genótipos desta cultura CSRN-2 e CSRN-142 em condições irrigadas e sob adensamento populacional variando entre 16 mil e 45 mil plantas ha<sup>-1</sup>, sendo os fatores três espaçamentos entre linhas (0,60, 0,83 e 1,05 m) e três espaçamentos entre plantas (0,37, 0,48 e 0,60 m), tendo sido observado maior produção na configuração de plantio 0,60 m x 0,37 m.

Como resultado de uma série de experimentos sobre população de plantas de mamoneira, AZEVEDO et al. (2001) concluíram que a disponibilidade de água sempre se destaca como fator principal para definição da população de plantas ideal, ficando em segundo plano a fertilidade do solo e outros fatores ligados ao clima.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Etapas do Estudo**

O trabalho foi desenvolvido com a mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar BRS ENERGIA divididos em duas etapas; Experimento I - entre julho de 2005 a janeiro de 2006 e Experimento II - julho de 2006 a janeiro de 2007. Nestes experimentos foram observados os efeitos da lâmina de irrigação sobre a população de plantas nas fases de crescimento, desenvolvimento e produção.

No primeiro experimento foram aplicadas quatro lâminas de água de irrigação sendo a de referência, a maior, obtida por Gondim et al. (2004). Para a população de plantas foi fixado o espaçamento entre fileiras e variou-se o espaçamento entre plantas nas fileiras dentro da parcela.

Na tentativa de obter resultados diferenciados para o comportamento da mamoneira cv. BRS Energia optou-se por uma variação dos fatores no segundo experimento. Onde foi aplicada uma lâmina de água superior em 25,0% a de referência do primeiro experimento e manteve-se para demais lâminas valores próximos, exceto na segunda lâmina do Experimento I, pois não se obteve resultados significativos para o estudo. Na população de plantas permaneceu-se fixo o espaçamento entre fileiras do primeiro experimento e variaram-se mais uma vez o espaçamento entre plantas dentro da fileira nas parcelas experimentais, na tentativa de melhor ajuste à população de plantas.

#### **3.2 Localização do Experimento**

Os experimentos foram conduzidos em campo na Fazenda Experimental da Embrapa Algodão, localizado no município de Barbalha-CE, cujas coordenadas geográficas são; latitude 7° 17' 36,32" S, longitude 39° 16' 14,19" W, altitude de 387 m. Na Figura 01 (Google Earth, 2008), apresentam-se maiores detalhes da localização.



Fonte: Google Earth-2008

**Figura 01.** Localização da área experimental.

Há predominância de clima Aw'/BSh, segundo classificação de Köppen, seco sub-úmido, com largo excesso hídrico no inverno, megatérmico e com vegetação durante parte do ano (SUDENE, 1993).

O solo da área experimental é um Neossolo flúvico, e como forma de melhor planejar a adubação, foram efetuadas coletas de solo dois meses antes do plantio. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da EMBRAPA-CNPA para as características químicas e Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da

UFCG para as características físico-hídricas (Tabela 04), seguindo as metodologias propostas por RICHARDS (1954) e pela EMBRAPA (1997a).

**Tabela 04.** Características químicas e físico-hídricas do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm. Barbalha, 2005 e 2006.

		Experimento 2005	Experimento 2006
<b>Características químicas</b>			
Complexo sorvido mmol/dm <sup>3</sup>	Cálcio	83,00	86,30
	Magnésio	49,00	49,10
	Sódio	3,40	2,50
	Potássio	5,00	7,50
	Hidrogênio	0,00	0,00
	Alumínio	0,00	0,00
	Soma de bases (S)	140,40	145,40
	Capacidade de troca de cátions (CTC)	140,40	145,40
Saturação de bases (V), %		100	100
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup>		15,10	15,90
Fósforo, mg dm <sup>-3</sup>		6,10*	8,40
pH em água (1:2,5)		7,30	7,30
Condutividade elétrica do extrato de saturação, dS m <sup>-1</sup>		0,13*	-
Classificação em relação à salinidade		Não salino e Não sódico	
<b>Características físico-hídricas*</b>			
Granulometria %	Areia	64,06	
		4,02	
	Silte	31,92	
	Argila		
Classificação textural		Franco-Argilo Arenoso	
Densidade aparente do solo, kg dm <sup>-3</sup>		1,45	
Densidade real, kg dm <sup>-3</sup>		2,70	
Porosidade Total %		46,29	
Umidade -% (0,33 atm)		20,83	
Umidade - % (15 atm)		8,83	
Água disponível (%)		12,00	

(\*) Realizado no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS). UAEAg-UFCG 2005.

Realizado no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas. CNPA-EMBRAPA 2005 e 2006.

### 3.3 Características da Variedade

Em ambos os experimentos utilizou-se o cv. BRS ENERGIA desenvolvido pela Embrapa Algodão - (Embrapa, 2007), por se tratar de um material recém lançado. As principais características estão apresentadas na Tabela 05.

**Tabela 05.** Principais características do cultivar BRS ENERGIA

Ciclo	média de 120 dias
Produtividade	1.800 kg ha <sup>-1</sup> em sequeiro
Florescimento do 1º Cacho	30 dias após a germinação
Altura da planta	140 cm
Folhas	verdes com nervuras esverdeadas, (45-55 cm)
Caule	verde e possui cera
Sementes	rajadas com cores bege e marrom
Cachos	formato cônico, densidade de frutos média e frutos indeiscentes
Peso de 100 sementes	pode variar entre 50-55 g
Tamanho do cacho	Em média 80 cm
Número de cachos por planta	mais comum 2 a 3, podendo chegar a 8
Número de frutos por cacho	em média 100 frutos, em condições de sequeiro são menos numerosos
Teor de óleo	48%

Fonte: Embrapa-CNPA, (2007).

### 3.4 Delineamento Estatístico e Tratamento

#### 3.4.1 Experimento I

Trabalhou-se em delineamento de blocos ao acaso com parcelas dispostas em faixas, as quais ficaram fixas submetidas às condições de estudo. Utilizaram-se dezesseis tratamentos resultantes da combinação fatorial de quatro lâminas de água de irrigação (294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm), aplicadas a quatro populações de plantas espaçadas 0,6 m entre fileiras e 0,47, 0,42, 0,37 e 0,32 m entre plantas, que contabilizou na P<sub>1</sub>-(35.460 plantas ha<sup>-1</sup>), P<sub>2</sub>-(39.682 plantas ha<sup>-1</sup>), P<sub>3</sub>-(45.045 plantas ha<sup>-1</sup>) e P<sub>4</sub>-(52.083 plantas ha<sup>-1</sup>) e quatro repetições, totalizando sessenta e quatro unidades experimentais.

### 3.4.2 Experimento II

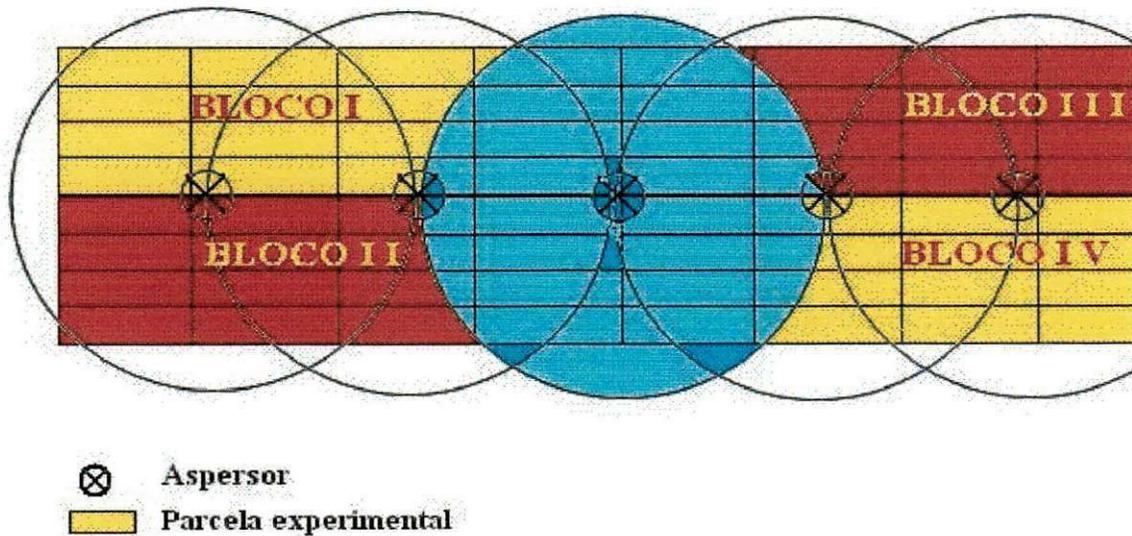
Seguiu o mesmo delineamento do Experimento I com os dezesseis tratamentos resultantes da combinação fatorial de quatro lâminas de irrigação (311,74; 460,40; 668,53 e 850,54 mm), aplicadas a quatro populações de plantas, cujas fileiras entre plantas permaneceram fixa em 0,60 m, enquanto o espaçamento entre plantas variou em 0,60, 0,50, 0,40 e 0,30 m, que contabilizou na P<sub>1</sub>-(27.777 plantas ha<sup>-1</sup>), P<sub>2</sub>-(33.333 plantas ha<sup>-1</sup>), P<sub>3</sub>-(41.666 plantas ha<sup>-1</sup>) e P<sub>4</sub>-(55.555 plantas ha<sup>-1</sup>) e quatro repetições, totalizando sessenta e quatro unidades experimentais.

### 3.5 Área Experimental

No Experimento I cada unidade experimental referente a um tratamento foi constituída por uma parcela de 3 m de largura por 6 m de comprimento totalizando 18 m<sup>2</sup>, o que permitiu a seguinte distribuição das plantas dentro da parcela para os respectivos tratamentos em estudo: (P<sub>1</sub> - 60, P<sub>2</sub> - 70, P<sub>3</sub> - 80 e P<sub>4</sub> - 90 plantas parcela<sup>-1</sup>). O bloco contendo os dezesseis tratamentos teve aproximadamente 288 m<sup>2</sup> e a área total experimental teve aproximadamente 1.152 m<sup>2</sup> ou 0,1152 ha (Figura 02).

No Experimento II cada unidade experimental referente a um tratamento foi constituída por uma parcela de 3 m de largura por 8 m de comprimento totalizando 24 m<sup>2</sup>, o que permitiu a seguinte distribuição das plantas dentro da parcela para os respectivos tratamentos em estudo: (P<sub>1</sub> - 65, P<sub>2</sub> - 80, P<sub>3</sub> - 100 e P<sub>4</sub> - 130 plantas parcela<sup>-1</sup>). O bloco contendo os dezesseis tratamentos teve aproximadamente 384 m<sup>2</sup> e a área total experimental teve aproximadamente 1.536 m<sup>2</sup> ou 0,1536 ha.

Em ambos os experimentos as parcelas tinham cinco fileiras, das quais, foram consideradas como bordaduras a primeira e a última linha do plantio e as 3 linhas centrais foram consideradas úteis, sendo o número de plantas variável de acordo com o espaçamento utilizado.



**Figura 02.** Disposição das parcelas em faixas dentro do bloco e o posicionamento da área da parcela, bloco e total.

### 3.6 Preparo do Solo e Adubações

Realizou-se a limpeza da área eliminando restos de culturas e o mato existente, depois procedeu à aração, com um arado acoplado num trator fazendo corte superficial da terra a uma profundidade máxima de 20 cm e em seguida o nivelamento do terreno com o objetivo de uniformizar a área experimental.

As recomendações para adubação de NPK sugeridas em base das análises químicas (Tabela 04), nos Experimentos I e II foram 52-40-20 e 55-40-10 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os experimentos seguiram a mesma metodologia de aplicação da adubação mineral, onde se parcelou o nitrogênio com 1/3 em fundação e 2/3 no início da floração aos 40 dias após germinação (DAG); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado em fundação e 2/3 K<sub>2</sub>O na fundação e 1/3 no início da floração de acordo com a recomendação da Embrapa (1997a). Utilizou-se sulfato de amônia, MAP e cloreto de potássio como fonte de nutrientes.

### 3.7 Instalação do Sistema de Irrigação

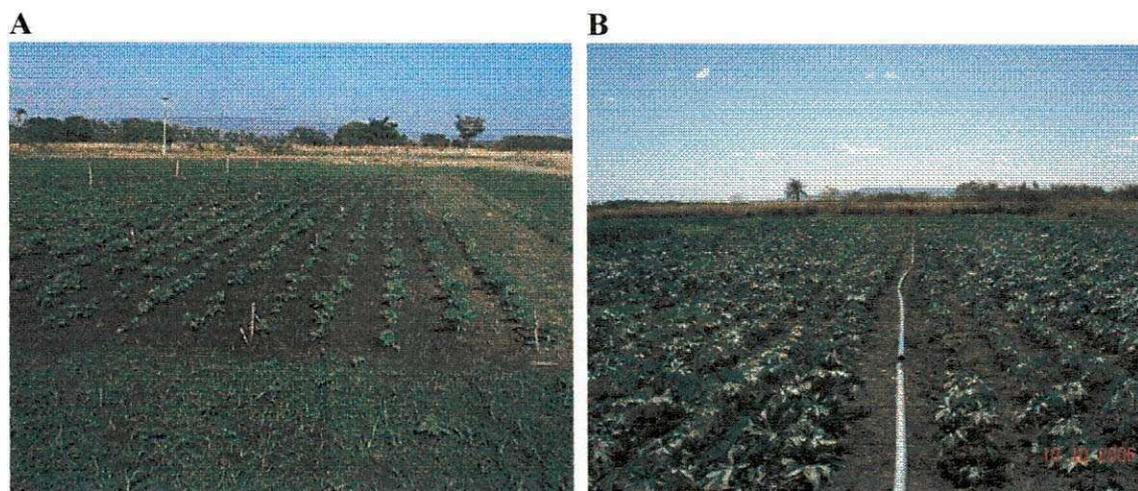
Utilizou-se o método de irrigação por aspersão, através do Sistema de Linha Central de Aspersores, respeitando as condições de dimensionamento e idade dos equipamentos na época dos experimentos (Figura 03). A tubulação da linha central era composta por 17 tubos de 6 m, diâmetro nominal 148 mm do fabricante MIZU, contendo 8 aspersores FABRIMAR com diâmetros de bocal (5,6 x 3,2 mm) (Tabela 06), tubo de subida de 0,70 m e espaçamento entre aspersores 12 m. O coeficiente de uniformidade de distribuição de Christiansen (CUC) calculado antes do início do experimento foi de 80,0 % no Experimento I e 85,0% Experimento II.

**Tabela 06.** Comparativo das características de desempenho do aspersor FABRIMAR apresentado no catálogo e em condições de campo.

Catálogo	Campo
Pressão de Serviço = 25 m.c.a	Pressão de Serviço = 24,30 m.c.a
Vazão = 2,44m <sup>3</sup> /h	Vazão = 2,20m <sup>3</sup> /h
Intensidade de Aplicação = 16,94mm/h	Intensidade de Aplicação = 15,27mm/h
Diâmetro = 31,00 m	Diâmetro = 28,00 m

O controle da lâmina de água de irrigação foi obtido em testes no campo a partir dos resultados da precipitação dos aspersores representativos nas faixas em estudo. Na contabilização da lâmina de água, como foram dispostos coletores nas faixas, foi possível calcular a quantidade de água que estava sendo aplicado em cada uma, de acordo com a distância em relação à linha central de aspersores. O valor encontrado da lâmina de referência foi equivalente a 60% da evaporação obtida de um tanque Classe A instalado numa estação meteorológica próxima da área, para todo o ciclo da cultura nos Experimentos I e II.

No turno de rega trabalhou-se com irrigação a cada cinco dias no Experimento I e três dias no Experimento II, este último na perspectiva de obter comportamentos fisiológicos diferenciados para a cultura comparada ao experimento anterior, já que foi aplicada água em menor espaço de tempo.



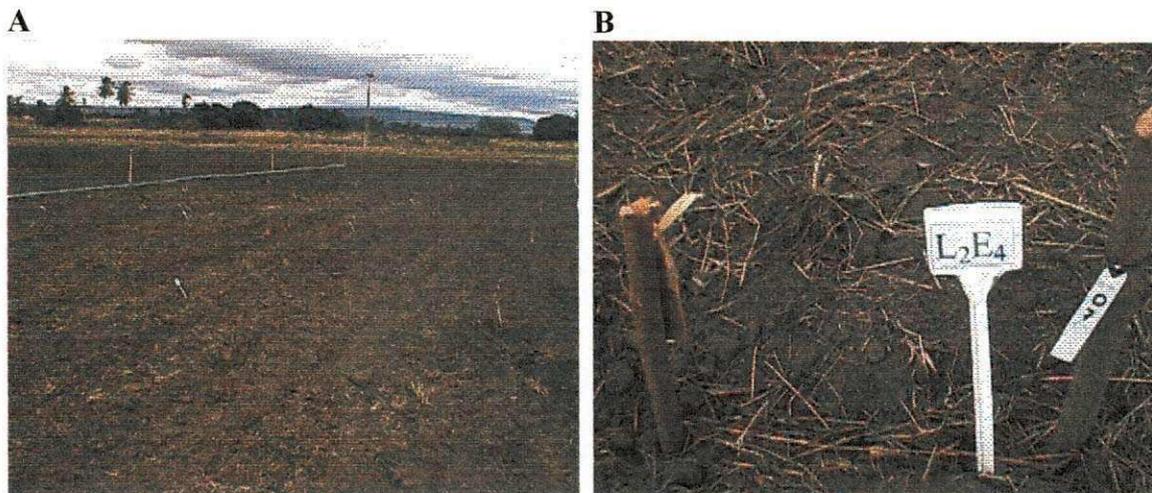
**Figura 03.** Vista à direita (A) do Experimento I e vista frontal (B) do Experimento II com detalhe para a linha central de aspersores. Barbalha-CE, 2005 e 2006.

### 3.8 Condução do Ensaio

Foi feita a marcação da área através de piquetes e cordas e por último foram identificados às parcelas, por meio de plaquetas devidamente registrada e coberta por fita adesiva plástica, evitando, desta forma, danos causados pela água da irrigação. As parcelas contendo os tratamentos foram obtidas através de sorteio ao acaso. Utilizaram-se etiquetas numeradas para facilitar os registros em campo (Figura 04).

Antes do início do experimento foram realizados testes de funcionamento do sistema de irrigação, observando os resultados de aplicação das lâminas e o alcance por meio do aspersor, de forma a garantir a confiabilidade do experimento.

Para o semeio, as sementes foram emersas em água durante 48h na tentativa de quebrar a dormência. Utilizou-se 3 sementes por cova a uma profundidade de 4 cm aproximadamente. Foi feito replantio em média aos 10 dias após o semeio, para se ter maior uniformidade dos tratamentos.



**Figura 04.** Vista lateral da área experimental devidamente limpa e identificada (A) e a identificação da parcela através de piquetes e plaquetas com o tratamento, juntamente com a etiqueta numerada (B). Barbalha-CE 2005

Para garantir a uniformidade de germinação e o crescimento inicial foi aplicada água em quantidade uniforme na área até os 20 dias após germinação (DAG), como forma de manter o nível de umidade do solo próximo à capacidade de campo e assim favorecer a igualdade do estande. As irrigações subseqüentes foram aplicadas com as lâminas representativas nas quatro faixas. Aos 20 dias após germinação (DAG) quando as plântulas atingiram aproximadamente 20 cm de altura procedeu-se o desbaste, ficando apenas uma planta por cova.

As leituras para o estudo do crescimento e desenvolvimento das plantas foram realizadas a cada 20 dias, em cinco épocas. Buscando a idoneidade dos resultados, foram escolhidas aleatoriamente três plantas na área útil da parcela, permanecendo-as devidamente identificadas do início ao fim do experimento.

Nas variáveis de produção efetuou-se a colheita da mamona cortando na base do cacho, posteriormente separaram-se as bagas e estas foram colocadas dentro de sacos de tecido individualmente para cada parcela, donde se obteve o valor da produção da mesma, em seguida, obteve uma amostra uniforme que após devidamente identificada seguiram para as avaliações de outras variáveis.

### 3.9 Tratos Culturais

Efetou-se 8 capinas em intervalos de 10 dias, com o intuito de manter a cultura no limpo pelo menos até os 80 dias após germinação, de forma a não comprometer a produção. Não foi feita a aplicação de herbicidas, inseticidas ou fungicidas em nenhuma época.

### 3.10 - Variáveis Analisadas - Experimento I e II

#### 3.10.1 Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento

As avaliações de crescimento foram realizadas a partir dos 20 dias após germinação (DAG) e a cada 20 DAG nas variáveis altura da planta, diâmetro do caule e área foliar; acompanhando sempre as mesmas plantas escolhidas desde o início até o final do experimento devidamente identificadas.

#### Altura de Planta (AP) e Diâmetro do Caule (DC)

Para a variável altura da planta as medições foram feitas a partir do colo até a extremidade final da planta, utilizando uma trena milimetrada e na variável diâmetro do caule as medições foram realizadas com auxílio de um paquímetro digital, em média a 4,0 cm acima do colo da planta.

#### Área Foliar (AF)

A área foliar foi determinada a partir da metodologia proposta por SEVERINO et al. (2004a) que constou em medir o comprimento da internervura principal de cada folha com uma régua milimetrada e em seguida aplicou-se a (Equação 01). De maneira semelhante procedeu-se os cálculos para as demais folhas, somou-se o resultado obtido de todas as folhas e no final obteve-se a área foliar total na planta.

$$\Sigma S = 0,2622 \times (P)^{2,4248} \quad (01)$$

Onde;

$\Sigma S$  – área foliar total em  $\text{cm}^2$ ;

P – comprimento da internervura principal da folha em cm;

### **Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo (TCA, TCR)**

A análise de crescimento de plantas é um método que descreve suas condições morfofisiológicas em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo. Com isso é possível avaliar seu crescimento como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes (BENINCASA, 2003).

Seguindo a metodologia do autor supracitado, computaram-se as taxas de crescimento a partir dos dados de altura de planta (AP), do qual se obtiveram as taxas de crescimento absoluto e relativo em altura (TCAap, TCRap), conforme equações a seguir.

$$TCAap = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1} \quad (02)$$

$$TCRap = \frac{\ln AP_2 - \ln AP_1}{t_2 - t_1} \quad (03)$$

Em que:

TCAap = taxa de crescimento absoluto em altura ( $\text{cm dia}^{-1}$ )

TCRap = taxa de crescimento relativo em altura ( $\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$ )

$AP_1$  = altura da planta no tempo  $t_1$  (cm)

$AP_2$  = altura da planta no tempo  $t_2$  (cm).

### **Índice de Área Foliar (IAF)**

Os resultados envolvendo esta variável foram baseados nos dados obtidos de campo, a partir dos valores da AF. O índice de área foliar IAF ( $m^2 m^{-2}$ ) é a relação funcional existente entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura. Considerando que o rendimento agrícola é expresso pela quantidade da matéria colhida por unidade de área (WATSON, 1942).

$$IAF = \frac{AF}{AT} \quad (04)$$

onde;

AF = área foliar ( $m^2$ );

AT = área do terreno;

IAF= índice de área foliar ( $m^2 m^{-2}$ )

### **Número de Dias para Emissão da 1ª Inflorescência (NDI)**

O número de dias para emissão da primeira inflorescência foi considerado o intervalo entre a germinação da planta e a abertura do botão floral, considerando abertas as primeiras flores femininas.

#### **3.10.2 - Variáveis de Produção**

As metodologias utilizadas para avaliar as variáveis de produção levaram em consideração às particularidades inerentes à obtenção de cada uma. As particularidades associadas às variáveis são demonstradas a seguir.

#### **Comprimento do Cacho (CC)**

Considerou-se como variável comprimento do cacho à distância entre a base do cacho até a sua extremidade superior. As medições foram feitas utilizando régua milimetradas, sendo as avaliações realizadas quando da estabilização do crescimento do cacho primário aos 60 DAG e na média dos cachos secundários aos 80 DAG.

### **Percentual de Flores Femininas (%FF)**

Considerou-se como percentual das flores femininas a distância entre o início da presença das flores femininas até o término da presença destas no cacho, dividido pelo comprimento total do cacho. As medições foram aferidas através de régua milimetradas, sendo as avaliações realizadas quando da estabilização do crescimento do primeiro cacho aos 60 DAG e na média dos cachos secundários aos 80 DAG. A importância desta variável é a potencialidade de frutos que podem vir a produzir a partir das flores femininas.

### **Número de Cachos (NC)**

Efetuiu-se a contagem das inflorescências manualmente nas plantas e seus valores foram quantificados através de unidades. A avaliação foi realizada aos 100 DAG quando as plantas começaram a apresentar estágio de senescência das folhas, tendo sido realizada apenas no Experimento II.

### **Número de Internódios (NNO)**

Foram realizadas contagens dos internódios das plantas aos 115 DAG, apenas no Experimento II verificando a quantidade destes.

### **Número de Frutos (NFr)**

Os frutos foram contados individualmente no primeiro e segundo cacho, essa leitura foi efetuada após a colheita dos cachos, respectivamente nos dois experimentos.

### **Peso dos Frutos (PF)**

As medições do peso dos frutos foram aferidas nas plantas identificadas e acompanhadas desde a germinação. Após a coleta, foram avaliadas amostras de 50 frutos com o auxílio de uma balança com precisão de 0,01 g.

### **Peso das Sementes (PS)**

As sementes pesadas foram às obtidas das amostras dos 50 frutos, contabilizando aproximadamente 150 sementes e sua avaliação foi de maneira similar ao descrito no item anterior, apenas desconsiderando o peso da casca do fruto.

### **Percentual de Casca %(C)**

Esta variável foi considerada por estimar o valor da produção após a coleta dos frutos a partir da proporção de casca, ou seja, da diferença entre o peso dos frutos e o peso das sementes. As avaliações foram realizadas nos cachos primários e secundários, no final do experimento.

### **Peso dos Frutos na Parcela (PFP) Restante (PRESTANTE) e Total (PFT)**

O peso dos frutos da parcela foi referente às plantas restantes após as eliminações identificadas durante o estudo. Foram contabilizadas para os cachos primários, secundários, restantes e totais. A avaliação foi realizada no final do experimento, onde o valor encontrado foi calculado através do peso obtido em cada parcela em (kg) dividido pela área da parcela (ha).

### **Percentagem de Óleo nas Sementes (POS)**

Foi utilizado um equipamento de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) o espectrômetro de onda contínua para análise quantitativa, Oxford 4000. As condições padronizadas para as determinações do conteúdo por RMN foi uma corrente de rádio freqüencial de 2,7 MHz com volume de amostra de 40 cm<sup>3</sup> e um tempo de integração de 20 segundos (OXFORD, 1995). A percentagem de óleo foi obtida pela equação a seguir:

$$\% \text{Óleo} = (\text{Peso Óleo/Leitura do Óleo}) \times (\text{Leitura do Óleo/Peso Amostra do Óleo}) \times 100 \quad (05)$$

### 3.11 – Análise Estatística

Para estimar os resultados em modelos de regressão não lineares, se faz necessário obter valores iniciais dos parâmetros para acelerar a convergência do método de estimação, onde se utilizou o método “MARQUARDT”, bastante citado nos estudos envolvendo modelos não linearizáveis (HOFFMANN & VIEIRA, 1998).

Para as variáveis de crescimento e desenvolvimento (altura de planta e diâmetro do caule), utilizou-se o modelo sigmóide  $Y_i = \alpha / (1 + e^{-(\beta + \theta t_i)}) + \varepsilon_i$  em que  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\theta$  são parâmetros a serem estimados, sendo  $\alpha > 0$  e  $\theta > 0$ , conhecido também por regressão logística (HOFFMANN & VIEIRA, 1998). Na área foliar, usou-se o modelo de regressão polinomial cúbica, uma vez que, normalmente não se utiliza o modelo logístico para a área foliar devido à senescência foliar (CALBO et al., 1989a e 1989b; FERREIRA, 2000).

Nas taxas de crescimento absoluto e relativo para altura da planta e índice de área foliar não foram realizadas análises de variância, devido a não recomendação estatística, pois são variáveis secundárias e contínuas, ou seja, derivadas da AP e AF, por exemplo, (HOFFMANN & VIEIRA, 1998). Estas variáveis procuraram-se ajustar aos modelos de Regressão Exponencial permitindo que curvas descrevessem com maior exatidão possível a lei de respostas esperadas (hipótese), além de possuírem maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e que todos os parâmetros do modelo fossem significativo até 5%. Aplicou-se o software Tablecurve 2D para a construção dos gráficos.

Todas variáveis foram analisadas através de análises de variância, exceto as acima citadas. Nas variáveis de produção para os fatores lâminas de irrigação e população de plantas, por serem de natureza quantitativa, quando identificado efeito significativo, procederam-se a análise de regressão polinomial (FERREIRA, 2000).

As análises estatísticas das variáveis altura de planta, diâmetro do caule e área foliar foram procedidas pelo SAS, versão 9.1.3, através dos procedimentos “PROC GLM e PROC NLIN” (SAS, 2004), para as demais através do software SISVAR.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### EXPERIMENTO I

#### 4.1 – Avaliações das Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento

##### 4.1.1 - Altura de Planta

Conforme análise de variância da Tabela 07, a variável altura de planta (AP) foi influenciada pelo fator lâmina de irrigação (L) a partir dos 40 dias após germinação (DAG), sendo significativo a 5% de probabilidade aos 40 DAG e a  $p < 0,01$  para demais épocas (60, 80 e 100 DAG). Não houve efeitos significativos para o fator população de plantas (P), assim como para a interação (L x P) em nenhuma época.

**Tabela 07.** Resumos das análises de variância da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

Fonte de Variância	de GL	Quadrados Médios				
		20 DAG	40 DAG	60 DAG	80 DAG	100 DAG
Blocos	3	78,1399	248,3429	364,1988	795,9385	651,6179
Lâmina (L)	3	4,0975 <sup>ns</sup>	221,5905*	952,4208**	2036,8433**	1919,1973**
Resíduo 1	9	15,5096	19,6118	38,7900	111,9134	162,0163
População (P)	3	2,9663 <sup>ns</sup>	10,1752 <sup>ns</sup>	11,4141 <sup>ns</sup>	4,9931 <sup>ns</sup>	18,9711 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	4,2216	14,4061	39,7658	65,6036	75,1979
Interação L x P	9	5,9947 <sup>ns</sup>	12,7399 <sup>ns</sup>	41,3251 <sup>ns</sup>	29,9622 <sup>ns</sup>	17,1156 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	4,1293	22,0511	59,2046	54,9476	53,0514
Total	63					
CV (1) %		18,75	11,78	7,52	11,74	13,75
CV (2) %		9,78	10,09	7,62	8,99	9,37
CV (3) %		9,67	12,49	9,29	8,22	7,87

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Analisando a Figura 5A que se refere ao comportamento da altura de planta para as quatro lâminas em função dos dias após germinação, verifica-se que as plantas se comportaram de maneira semelhante até os 20 DAG. O que está diretamente relacionado à condição que foi proposta o estudo, que era de garantir a germinação das sementes nas parcelas, pois até esta época foram aplicadas irrigações de maneira a atingir toda a área.

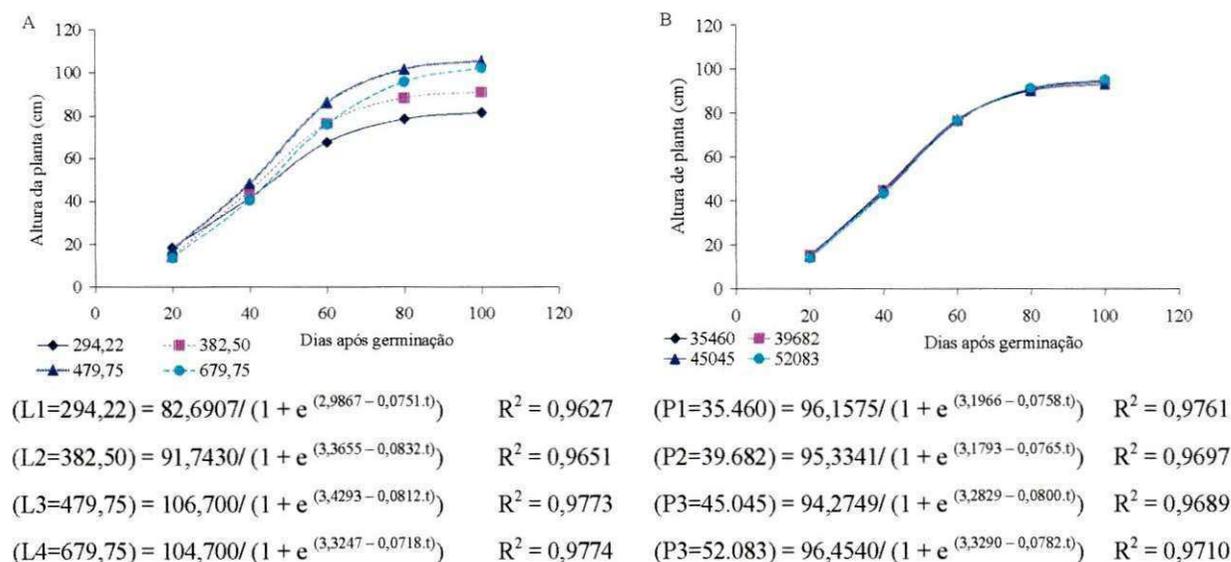
Nas épocas seguintes a lâmina 3 (L3=479,75 mm) deteve maior altura de planta em relação às demais e os valores encontrados através da equação foram 48,52, 86,31, 101,96 e 105,74 cm aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente. Os resultados para L1 (294,22 mm) obtiveram 14,04, 21,39, 22,66 e 22,63% menor AP em relação a L3, para as referidas épocas de estudo, respectivamente. Considerando que na L1 as plantas receberam menos água e como forma de manter seu ciclo natural, verificou-se que a mamoneira reduziu a presença de internódios, além de propiciá-los mais curtos, influenciando diretamente no seu crescimento.

Em relação a L2 (382,50 mm) quando comparado a L3 os resultados obtidos foram reduzidos onde foram verificados 7,23 e 11,17% aos 40 e 60 DAG e para 80 e 100 DAG esses valores registraram 13,24 e 13,84% respectivamente. Para as duas primeiras datas, o fato de receber mais água em relação L1, determinou esta menor diferença de percentual na AP, enquanto nas últimas datas foi verificado que houve certa estabilização nas reduções em relação a L3, provavelmente devido à formação dos cachos, podendo ser caracterizado pela disponibilidade de água suficiente para o desenvolvimento da AP.

Na L4 (679,75 mm) os percentuais encontrados foram 16,12, 11,71, 5,70 e 3,03% inferiores quando comparado a L3 aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente. Para os 40 DAG as plantas obtiveram desempenhos próximos da L1, enquanto, que aos 60 DAG os resultados se aproximaram da L2. Como a mamona é bastante sensível ao excesso de água pode ter havido sintomas característicos de anoxia e assim ter levado a cultura há problemas comuns em plantas sensíveis que incluem aumento da resistência estomática, redução da fotossíntese, inibição do crescimento das raízes e da parte aérea, murcha e abscisão de folhas. Para AMORIM NETO et al., (2001); BELTRÃO et al., (2003) a mamona é muito sensível ao excesso de umidade por períodos prolongados, notadamente na fase inicial.

Aos 80 e 100 DAG o aumento na lâmina de água aplicada permitiu um maior suprimento hídrico favorecendo a fase produtiva da mamoneira e auxiliando expressivamente no crescimento da planta, como consequência, verificou-se alturas de plantas relativamente aproximadas entre L3 e L4.

Analisando a Figura 5B referente ao desenvolvimento da altura de planta para a população de plantas em função das cinco épocas, tem-se que os resultados obtidos pelas equações denotam que não houve diferenciação entre si quanto à variável estudada durante as avaliações.



**Figura 05.** Altura da planta (AP) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

#### 4.1.2 – Diâmetro de Caule

Os resultados dos resumos das análises estatísticas encontrados para a variável diâmetro de caule (DC) seguem abaixo dispostos na Tabela 08. Para o fator lâmina de irrigação (L) não foi observado efeito significativo aos 20 DAG, enquanto que aos 40, 60 e 80 DAG houve efeito significativo a 1% de probabilidade e para os 100 DAG o efeito encontrado foi significativo a 5% de probabilidade. Para o fator população de plantas (P) e para a interação (L x P) não foram identificados efeitos significativos nas cinco épocas analisadas.

**Tabela 08.** Resumos das análises de variância do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

Fonte de Variância	Quadrados Médios					
	GL	20 DAG	40 DAG	60 DAG	80 DAG	100 DAG
Blocos	3	0,0053	0,0898	0,1032	0,1120	0,1602
Lâmina (L)	3	0,0010 <sup>ns</sup>	0,1785 <sup>**</sup>	0,2717 <sup>**</sup>	0,2180 <sup>**</sup>	0,1116 <sup>*</sup>
Resíduo 1	9	0,0054	0,0287	0,0386	0,0207	0,0247
População (P)	3	0,0022 <sup>ns</sup>	0,0105 <sup>ns</sup>	0,0014 <sup>ns</sup>	0,0077 <sup>ns</sup>	0,0385 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	0,0034	0,0159	0,0106	0,0178	0,0221
Interação L x P	9	0,0022 <sup>ns</sup>	0,0102 <sup>ns</sup>	0,0114 <sup>ns</sup>	0,0202 <sup>ns</sup>	0,0060 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	0,0024	0,0122	0,0249	0,0262	0,0332
Total	63					
CV (1) %		9,70	12,91	12,12	8,68	8,74
CV (2) %		7,71	9,61	6,36	8,04	8,28
CV (3) %		6,59	8,43	9,73	9,75	10,14

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Estudando o comportamento da lâmina de irrigação aplicada no DC, temos que as plantas de mamoneira apresentaram o mesmo desenvolvimento até os 20 DAG.

A L3 sobressaiu-se em relação às demais, obtendo de acordo com as equações os seguintes DC, 1,44, 1,75, 1,82 e 1,84 cm aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente (Figura 6A). Para L1 os valores encontrados foram 17,40, 16,90, 13,67 e 11,85% inferiores a L3 comparados a aquelas épocas, respectivamente. É compreensível que nesta lâmina tenha sido observado os menores diâmetros, causado pela deficiência hídrica, pois o solo foi ficando seco e como algumas partes do sistema radicular não encontraram água, o DC da mamoneira foi afetado.

Na L2 os resultados corroboram com os obtidos na AP, ou seja, com o aumento na lâmina de irrigação aplicada os valores diminuem em relação a L3. Determinou-se para o DC aos 40 e 60 DAG que estes percentuais foram 6,47 e 5,68 % inferiores em relação a L3, respectivamente. Quanto aos 80 e 100 DAG os valores foram de 4,65 e 4,24%, respectivamente, refletindo um menor efeito no DC.

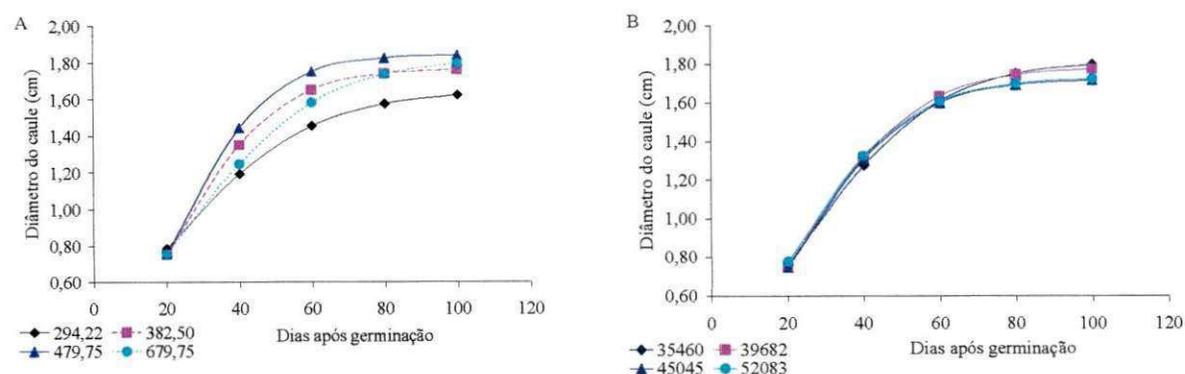
Para a maior lâmina de irrigação L4, os percentuais comparados a L3 foram decrescendo com o passar dos dias, sendo 13,71, 9,58, 4,79 e 2,43% aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente. Verificou-se, portanto, que na L4 os resultados aos 40 e 60 DAG afetaram mais o DC do que os encontrados em L2. Estas respostas induzem a um efeito que pode ter sido causado pelo excesso de água aplicado, sendo este efeito observado no campo e que pode ter

provocado distúrbios em mecanismos fisiológicos como fotossíntese, respiração e transportes de nutrientes das plantas interferindo em seu crescimento.

Nas leituras aos 80 e 100 DAG possivelmente ocorreu comportamento semelhante a AP, ou seja, observa-se uma redução dos percentuais para estas datas, provavelmente porque antes desta época as plantas começaram a emitir cachos e formar frutos, possibilitando o aumento da necessidade por água. Como a L4 detinha maior aplicação de lâmina, houve um melhor aproveitamento por parte das plantas em sintetizar seus metabolismos e com isso, as quantidades aplicadas permitiram reduzir a diferença no crescimento do DC.

Para Larcher (2000), esta diminuição dos percentuais entre os diâmetros no final do ciclo, pode estar relacionada com o próprio crescimento da cultura, pois as partes mais velhas (proximais) do sistema radicular suberizam-se, assim como a parte inferior do caule, revestindo-o com células mortas podendo possivelmente aumentar seu diâmetro. Ou mesmo, fato explicado pela emissão de cachos secundários, terciários e até quaternários, pois necessitando de mais fluxos de nutrientes através do caule, favoreceu a este aumento.

Para o fator população de plantas na Figura 6B verifica-se que o impacto negativo sobre o diâmetro de caule foi pouco expressivo com o aumento do tempo de cultivo e sugere que esta variável, com o avanço da idade, não fora prejudicada pelo aumento da população de plantas.



$(L1=294,22) = 1,6487 / (1 + e^{(1,1515 - 0,0528.t)})$	$R^2 = 0,9738$	$(P1=35,460) = 1,8211 / (1 + e^{(1,5000 - 0,0587.t)})$	$R^2 = 0,9860$
$(L2=382,50) = 1,7694 / (1 + e^{(1,7711 - 0,0735.t)})$	$R^2 = 0,9938$	$(P2=39,682) = 1,7872 / (1 + e^{(1,6335 - 0,0666.t)})$	$R^2 = 0,9912$
$(L3=479,75) = 1,8444 / (1 + e^{(2,0190 - 0,0825.t)})$	$R^2 = 0,9918$	$(P3=45,045) = 1,7244 / (1 + e^{(1,6709 - 0,0705.t)})$	$R^2 = 0,9946$
$(L4=679,75) = 1,8259 / (1 + e^{(1,4603 - 0,0556.t)})$	$R^2 = 0,9960$	$(P4=52,083) = 1,7316 / (1 + e^{(1,5907 - 0,0692.t)})$	$R^2 = 0,9919$

**Figura 06.** Diâmetro do caule (DC) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

### 4.1.3 – Área Foliar

Analisando os dados da variável área foliar (AF) no resumo de análise de variância (Tabela 09), verifica-se que esta variável tem comportamento semelhante à altura de planta (AP) e o diâmetro de caule (DC). Identificando-se efeito significativo no fator lâmina de irrigação (L), exceto na 1ª leitura 20 DAG. Aos 40 e 60 DAG há efeito significativo ao nível de ( $p < 0,01$ ) e 80 e 100 DAG a ( $p < 0,05$ ). Não se verifica nenhum efeito para a população de plantas (P) e nas interações dos fatores (L x P) em todas as datas realizadas. Os resultados referentes aos CV são altos, porém seguem resultados encontrados por outros autores, caracterizados pela alta capacidade de variabilidade da cultura da mamoneira nas diversas condições de estudo impostas (FONSECA JÚNIOR & MILANI, 2006).

Os valores para AF, nas lâminas 294,22, 382,50, 479,75 e 679,75 mm aos 20 DAG se aproximaram consideravelmente, estes resultados indicam que as condições fisiológicas das plantas de mamona eram equiparadas. Considerando que nesta data a lâmina aplicada na irrigação foi a mesma em todo experimento, além das reservas de nutrientes existentes nas sementes, observa-se que a água foi absorvida pelas plantas sem causar nenhuma diferença entre elas.

**Tabela 09.** Resumos das análises de variância da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após geminação (DAG). Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	de GL	Quadrados Médios				
		20	40	60	80	100
Blocos	3	113205,87	2056870,32	8080865,39	7688111,18	4280878,79
Lâmina (L)	3	9451,45 <sup>ns</sup>	124450,24,69 <sup>**</sup>	11746283,49 <sup>**</sup>	5651681,29*	1599191,70*
Resíduo 1	9	30710,19	1205031,87	847527,65	959531,40	270430,42
População (P)	3	1412,20 <sup>ns</sup>	384552,62 <sup>ns</sup>	265361,52 <sup>ns</sup>	2290186,55 <sup>ns</sup>	1422408,76 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	5742,23 <sup>ns</sup>	727880,25	402233,50	697615,33	419180,97
Interação L x P	9	8698,63	546412,52 <sup>ns</sup>	263454,81 <sup>ns</sup>	296854,60 <sup>ns</sup>	76019,98 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	8614,39	702856,98	864161,28	804130,62	120153,76
Total	63					
CV(1)%		39,23	38,15	29,58	38,19	30,45
CV(2)%		16,97	29,65	20,38	32,56	37,91
CV(3) %		20,78	29,14	29,87	34,96	20,30

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Em conformidade com o estudado nos itens 4.1.1 e 4.1.2, a L3 deteve maior área foliar, exceto aos 80 DAG e a L1 foi a mais afetada nas avaliações realizadas aos 40, 60, 80 e 100 DAG. Os valores comparados entre L1 e L3 determinaram que sua área foliar fosse 45,24, 46,44, 45,13 e 38,08% inferior aos dados estimados pelas respectivas equações nas referidas datas. Mesmo com os altos percentuais de redução, entende-se que houve uma relativa estabilização no comportamento da mamoneira na L1, podendo ser percebido na AF devido à proximidade dos percentuais. Segundo Bergamaschi (1999), a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução da área foliar, por secamento ou queda das folhas, que é uma tentativa da planta reduzir a perda de água por transpiração, aumentando a eficiência de uso da água; todavia, isto resulta em diminuição da fotossíntese total, que por sua vez reduz a taxa de crescimento e a produção da planta.

Na L2, foram estimados pela equação os seguintes valores da área foliar, 3.055,39, 3.026,59, 1.829,79 e 904,99 cm<sup>2</sup> aos 40, 60, 80 e 100 DAG referentes a 17,32, 20,00, 28,93 e 50,98% inferior a AF da L3 (Figura 7A). Com isso, verifica-se que AF da mamoneira foi afetada em função do aumento dos DAG, causado pelo efeito contínuo da baixa lâmina aplicada. 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 e tamanho de folhas, diminuindo conseqüentemente as perdas de água por transpiração.

Wright & Rao (1994) confirmam que o déficit de água no solo reduz o crescimento das folhas e ramos em virtude dos efeitos sobre o status de água na planta, levando a interferência na fotossíntese e na expansão foliar, tornando-se cada vez mais difícil a reversão do quadro crítico de deficiência de água em que a cultura se encontrava e se agravando com o passar do tempo.

Na L4 a área foliar foi 34,27, 4,29 e 19,17% menor comparativamente a L3 aos 40, 60 e 100 DAG, diferentemente ocorreu aos 80 DAG, pois encontrou-se superior em 34,71%, denotando uma melhor adaptação para esta variável. Nesta mesma época relativos à L1 e L2 a AF na L4 seguiu a mesma tendência e também foi superior em 145,53 e 89,56%, respectivamente.

Aos 40 DAG o valor encontrado pela equação na L4 é bem inferior a L2, seguindo o mesmo comportamento das variáveis anteriores AP e DC e induzindo ao efeito causado pelo excesso de água. A partir dos 60 DAG a AF diminui os valores percentuais em relação a L3, enquanto aos 80 DAG a mamoneira encontra-se extremamente diferente, respondendo melhor

nesta variável, embora tenha aumentado também a necessidade por água. Neste momento a L4 passa a ter uma relevante importância, pois permite aumentar a AF, numa fase em que a planta está condicionada ao enchimento dos frutos e sementes, portanto é muito importante frisar que a mamoneira necessita de mais água na fase de produção. Aos 100 DAG a L3 volta a ser superior a L1, L2 e L4 em 61,50, 104,03 e 23,71%, respectivamente, mas estes valores são menos expressivos a mamoneira na L4.

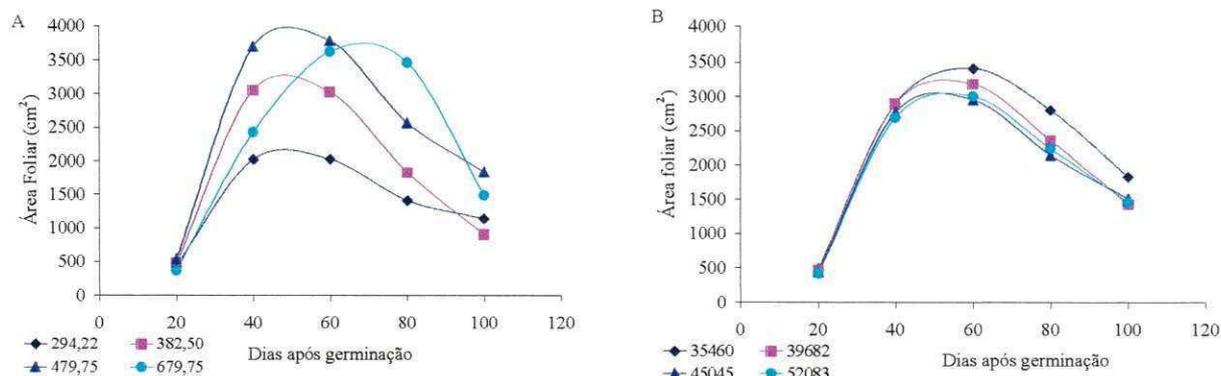
Para Taiz & Zeiger (2004) as atividades dependentes da turgescência são as mais sensíveis ao estresse hídrico, ocorrendo à limitação do tamanho de folhas individuais (expansão celular), bem como o número de folhas, porque diminui o número e a taxa de crescimento dos ramos afetando significativamente a área foliar, traduzindo-se em baixa produção de matéria seca.

Na interpretação da análise realizada para a AF em função da população de plantas nas diferentes épocas avaliadas, verifica-se que os valores encontrados representam situações extremamente complexas. Até os 40 DAG as populações conseguem desenvolver de maneira semelhante sem que haja competição por água entre as plantas dentro da parcela.

A partir desta época as plantas das populações menores começaram a apresentar AF com maior expansão, o que caracteriza uma melhor adaptação às condições submetidas, porém estatisticamente todas as populações comportaram-se de maneira semelhante. Os valores de AF obtidos a partir dos 60 DAG começaram a variar de tal modo que na P3 comparado a P1 foi 9,63% inferior e aproximadamente 33,37% da P2 comparado a P1 aos 100 DAG (Figura 7B).

Tais distorções podem ter origens nas mais diversas influências que esta variável de crescimento tende a sofrer, uma vez que dentro de um mesmo tratamento de plantas, em geral, cada uma delas responde de forma bem particular ao conteúdo de água existente no solo, seja pela complexidade inerente a relação de espaço e tempo envolvido no processo, seja pelo crescimento próprio e desordenado de suas raízes (REICHARDT & TIMM, 2004).

Além do mais as atividades respiratórias e fotossintéticas são características marcantes para a cada espécie vegetal, mas não são valores constantes, pois depende da área foliar. O comportamento dos valores de trocas gasosas altera-se durante o ciclo do desenvolvimento e depende do curso anual até mesmo do curso diário das flutuações da atividade do vegetal (LARCHER, 2000).



$$\begin{aligned}
 (L1=294,22) &= 0,02x^3 - 4,37x^2 + 285,13x - 3669,70 & R^2 &= 0,9685 & (P1=35.460) &= 0,016x^3 - 4,29x^2 + 333,29x - 4591,07 & R^2 &= 0,9970 \\
 (L2=382,50) &= 0,03x^3 - 6,86x^2 + 456,56x - 6151,01 & R^2 &= 0,9904 & (P2=39.682) &= 0,021x^3 - 5,18x^2 + 373,24x - 5090,87 & R^2 &= 0,9975 \\
 (L3=479,75) &= 0,037x^3 - 8,28x^2 + 551,18x - 7471,56 & R^2 &= 0,9621 & (P3=45.045) &= 0,024x^3 - 5,56x^2 + 383,00x - 5185,87 & R^2 &= 0,9943 \\
 (L4=679,75) &= 0,01x^3 + 0,12x^2 + 123,59x - 2066,05 & R^2 &= 0,9617 & (P4=52.083) &= 0,021x^3 - 5,07x^2 + 360,95x - 4930,49 & R^2 &= 0,9825
 \end{aligned}$$

**Figura 07.** Área foliar da planta (AF) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

## 4.2 – Avaliações das Variáveis de Desenvolvimento e Produção

### **4.2.1 – Número de Dias para Emissão da 1ª Inflorescência, Comprimento do Cacho e Percentual de Flores Femininas**

Os resumos das análises de variância para as variáveis número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento do 1º e 2º cacho CC (1) e CC (2) e percentual de flores femininas do 1º e 2º cacho %FF (1) e %FF (2) seguem na Tabela 10. Através dos resultados obtidos verificam-se efeitos significativos apenas no fator lâmina de irrigação (L) para as variáveis comprimento do 1º cacho CC (1) com nível de significância a ( $p < 0,05$ ) e comprimento do 2º cacho CC (2) a ( $p < 0,01$ ), não sendo observados efeitos significativos para os fatores população de plantas (P) e interação (L x P). Nas variáveis NDI, %FF (1) e (2), não se determinou efeito de variação em nenhum dos fatores estudados.

**Tabela 10.** Resumos das análises de variância do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento de cacho (CC) e percentual de flores femininas (%FF) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	de	Quadrados Médios				
		NDI	CC (1)	CC (2)	%FF (1)	%FF (2)
Blocos	3	47,8958	362,6889	149,0859	0,0217	0,0074
Lâmina (L)	3	27,7291 <sup>ns</sup>	265,1122*	218,6058**	0,0012 <sup>ns</sup>	0,0300 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	13,7847	51,3188	23,4748	0,0050	0,0079
População (P)	3	17,7291 <sup>ns</sup>	0,3003 <sup>ns</sup>	55,5299 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>	0,0161 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	8,2291	26,9585	18,6445	0,0053	0,0044
Interação L x P	9	2,0625 <sup>ns</sup>	15,3211 <sup>ns</sup>	38,4602 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>	0,0083 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	4,1180	16,4589	36,6072	0,0029	0,0115
Total	63					
CV (1) %		9,29	19,64	22,49	12,49	18,84
CV (2) %		7,18	14,24	20,04	12,84	13,80
CV (3) %		5,08	11,12	28,09	9,47	22,16

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Os valores para o CC (1) foram estimados pela equação quadrática obtida por regressão polinomial, cujos comprimentos foram 30,83, 36,98, 40,48 e 37,09 cm para as lâminas 294,22, 382,50, 479,75 e 679,75 mm respectivamente (Figura 08). Tem-se que a L3 desenvolveu maior comprimento do cacho com valores percentuais de 31,30, 9,46 e 9,14% superiores que L1, L2 e L4, seqüencialmente. O CC (1) máximo foi estimado em aproximadamente 41 cm numa lâmina de 531,66 mm. Estes resultados não se distanciam em relação a L3, pois se obteve comprimento de cacho praticamente igual com uma redução de mais de 50 mm.

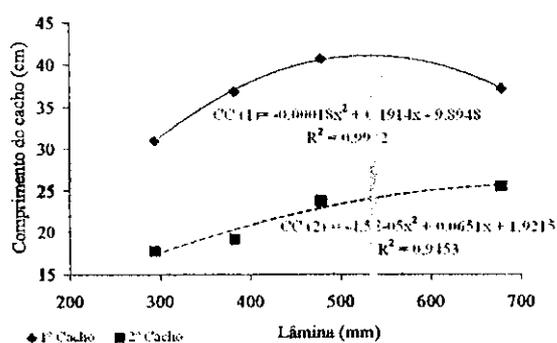
Como a avaliação da variável CC (1) foi realizada aos 60 DAG, época em que as plantas apresentavam ótimo potencial de crescimento, os resultados relativos aqui encontrados corroboram com os determinados para AP, DC e AF, inferindo a L3 como a mais adequada também para esta variável. Estes resultados contemplam o próprio comportamento da cultura a uma melhor adaptação nesta lâmina, enquanto que os comprimentos de cachos obtidos, por exemplo, para 294,22 mm foram bem aquém. Tal resposta afetou o desenvolvimento das plantas irrigadas na L1 por deficiência hídrica. Conforme informações de Kumar et al. (1996), esses resultados são justificados em parte pelo fato das condições de seca, afetar negativamente o uso eficiente de água e radiação solar, inibindo a fotossíntese e a acumulação de matéria seca.

Na variável CC (2) os resultados encontrados a partir da equação foram 17,18, 20,24, 22,77 e 25,37 cm nas lâminas 294,22, 382,50, 479,75 e 679,75 mm, respectivamente (Figura 08). Como se verificou um aumento no CC (2) com o aumento da lâmina aplicada, vê-se nitidamente

a L1 com menor CC (2) e seu valor é 79,45% inferior ao obtido no CC (1) que na ocasião também foi o menor valor estimado. Nas demais lâminas os valores percentuais foram 82,70, 77,77 e 46,19% inferiores em relação aos CC (1) para L2, L3 e L4, respectivamente.

Nota-se que o valor para L4 foi menos prejudicado nas condições impostas para a mamoneira. Esta avaliação foi realizada aos 80 DAG período em que as plantas estavam em sua plenitude de crescimento e direcionando suas energias para o desenvolvimento dos frutos, então, a necessidade por água neste momento foi de suma importância para tais processos. Desta forma, as plantas condicionadas a L4 propiciaram um maior CC (2) acima do verificado nas demais lâminas, embora estes valores sejam abaixo significativamente quando comparado ao CC (1).

O fator população de plantas segue a mesma linha de tendência de todas as variáveis anteriormente estudadas, não havendo efeito significativo. Logo, nas variáveis CC (1) e CC (2) as plantas se desenvolveram de maneira semelhante quando submetidas às populações de plantas, não interferindo suficientemente no comportamento fisiológico da cultura da mamoneira a que foi imposto.



**Figura 08.** Comprimento do 1º e 2º cacho da mamona em função diferentes lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2005

Na variável NDI os resultados obtidos em todas as lâminas foi aproximadamente de 40 DAG. Notadamente as diferenças não foram verificadas pelo fato da proximidade com os 20 DAG, onde foi disponibilizada água em quantidades suficientes que de tal maneira não influenciou até a época da avaliação, não mostrando efeito significativo para esta variável. Ou mesmo consequência da genética deste cultivar, favorecendo a precocidade à floração das plantas neste intervalo de tempo quando comparadas as informações para o cultivar BRS Nordestina

citadas por Beltrão (2003b), que apontam a emissão da primeira inflorescência entre 50 e 60 dias após germinação.

Barros Júnior et al. (2004), estudando o cultivar BRS Paraguaçu obteve valores na emissão da 1ª inflorescência ocorrendo aos 39 dias após a semeadura (DAS) em média para os tratamentos mantidos a 60, 80 e 100% de água disponível, ficando muito abaixo das referências para o cultivar, conforme EMBRAPA (2002).

Semelhante ao NDI é observado o comportamento para as variáveis %FF (1) e %FF (2), ou seja, não foram verificados efeitos significativos. Portanto, a partir desses resultados permitimos dizer que a proporção das flores femininas em relação ao comprimento total do cacho independe da lâmina de irrigação, população de plantas e interação dos fatores.

#### 4.2.2 – Número de Frutos, Peso dos Frutos e das Sementes

No número de frutos do 1º cacho NFr (1) e peso das sementes do 2º cacho PS (2) há efeito isolado para o fator lâmina de irrigação (L), conforme segue apresentado na Tabela 11. Sendo o efeito significativo ao nível de  $p < 0,05$  para a variável NFr (1) e a  $p < 0,01$  para a variável PS (2).

**Tabela 11.** Resumos das análises de variância referente às variáveis números de frutos (NFr) do 1º cacho, peso dos frutos (PFr) e peso das sementes (PS) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	de	Quadrados Médios				
		NFr (1) <sup>1</sup>	PFr (1)	PFr (2)	PS (1)	PS (2)
Blocos	3	1,7277	36,1591	49,8987	65,2629	66,1039
Lâmina (L)	3	4,4489*	16,5494 <sup>ns</sup>	63,1330 <sup>ns</sup>	20,0478 <sup>ns</sup>	103,4596*
Resíduo 1	9	1,0235	28,4289	18,3057	9,4617	15,5953
População (P)	3	1,3277 <sup>ns</sup>	37,0161 <sup>ns</sup>	11,7436 <sup>ns</sup>	20,4208 <sup>ns</sup>	12,2250 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	0,4532	27,0532	28,8809	16,0503	19,1185
Interação L x P	9	0,4612 <sup>ns</sup>	40,8180 <sup>ns</sup>	19,0458 <sup>ns</sup>	18,4158 <sup>ns</sup>	13,8660 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	0,8092	25,1603	18,2714	9,8137	13,0196
Total	63					
CV (1) %		14,38	8,63	8,23	6,99	10,43
CV (2) %		9,57	8,41	10,34	9,11	11,55
CV (3) %		12,79	8,11	8,22	7,12	9,53

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo;

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ ;

Enquanto no peso dos frutos do 1º e 2º cacho (PFr) (1), (PFr) (2) e peso de sementes do 1º cacho (PS) (1) não há diferenciação para este fator, assim como para os fatores população de plantas (P) e interações (L x P) não foram determinados efeitos em nenhuma das variáveis.

Os dados para a variável NFr (1) foram transformados em  $\sqrt{x}$ , os resultados foram determinados por uma função quadrática por apresentar melhor ajuste. Os números de frutos estimados foram 6,37 (40,08), 7,16 (50,60), 7,66 (57,39) e 7,54 (53,77) para as lâminas 294,22, 382,50, 479,75 e 679,75 mm, respectivamente. Através destes resultados a L3 apresenta maior rendimento no NFr sendo superior em 20,25% a L1 que foi a lâmina mais afetada. Em relação a L2 e L4 os valores foram menores.

Observa-se ainda uma coerência do NFr (1) com o CC (1), pois na lâmina de 479,75 mm obteve-se o maior comprimento de cacho, bem como o maior número de frutos, possivelmente o valor encontrado para o número de frutos seja uma consequência do comprimento do cacho.

Considerando que as informações referentes ao NFr são essenciais para determinar a produtividade da mamoneira, foi estimado a quantidade máxima produzida de 7,80 (58,44) frutos no 1º cacho por planta na lâmina 562,50 mm, tais valores são aproximados ao obtido na L3, porém com a vantagem desta última de economizar quase 85 mm (Figura 9A).

Para o fator população de plantas não foi verificado nenhum efeito significativo, condicionando as plantas ao mesmo comportamento fisiológico em todas as populações. Estas respostas estão diretamente relacionadas ao que foi obtido pelas variáveis de produção NDI, CC (1) e %FF (1), como não houve diferenciação nestas variáveis com o aumento da população de plantas, dificilmente o número de frutos seria afetado, já que, por exemplo, depende da fecundação das flores femininas.

Interpretando os resultados obtidos para a variável PS (2) observa-se que proporcional ao aumento da lâmina de irrigação verifica-se maior peso da semente de mamona. O modelo quadrático é que melhor se ajusta ao comportamento do PS (2) para o fator lâmina de irrigação.

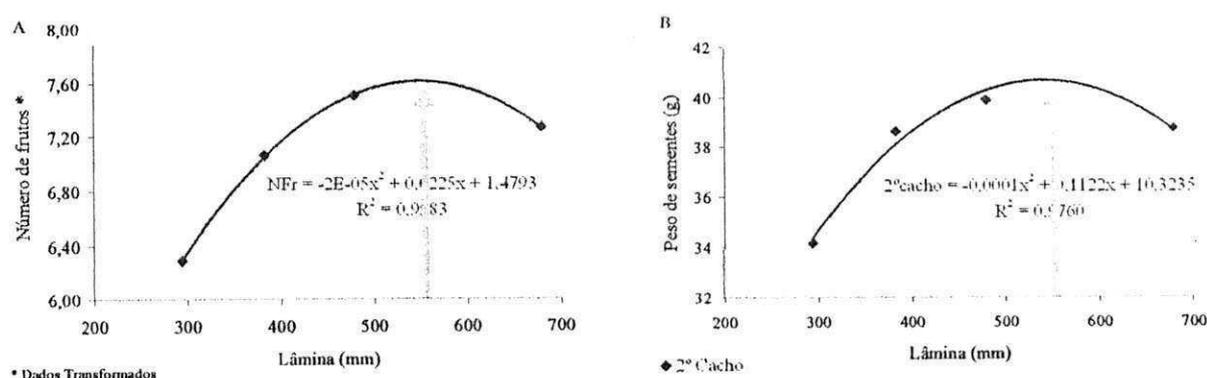
A lâmina que representa o melhor PS (2) foi a L3 superior a L1, L2 e L4 em 18,59, 6,52 e 1,85%, respectivamente (Figura 9B). Através da equação, os valores para lâmina máxima em PS (2) foram estimados em 561,00 mm com respectivo peso de 42,75g, contudo não há diferenças quando comparada a L3.

Como os percentuais foram diminuindo com o aumento das lâminas, temos então que as plantas apresentam uma adaptação, passando a conviver com as condições propostas. Nesse

período, provavelmente a maior disponibilidade de água (L4) tenha facilitado, sobretudo, a entrada de água no sistema, favorecendo a um contínuo enchimento das sementes em relação às plantas que receberam menos água. Portanto, deve ser considerada a capacidade de absorção de água do sistema radicular e sua eficiente distribuição na planta, inclusive seus resultados verificados para as sementes.

Torna-se evidente que as plantas submetidas na parte final do ciclo as maiores lâminas de irrigação, desenvolvem-se de maneira potencial em todas as variáveis de crescimento e produção devido às condições favoráveis e permitindo com isso atingir uma maior produção de sementes para o 2º cacho.

Para as demais variáveis PFr (1) PFr (2) e PS (1) o comportamento da cultura foi semelhante em todos os fatores, revelando de maneira independente que nada foi identificado para favorecer numa melhor resposta da cultura em relação aos fatores estudados.



**Figura 09.** Número de frutos do 1º cacho (A) e peso das sementes do 2º cacho (B) da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2005

#### 4.2.3 – Percentual de Casca, Peso dos Frutos na Parcela e Total

Os resultados encontrados para as variáveis percentual de casca do 1º e 2º cacho %C (1) e %C (2), peso dos frutos das parcelas do 1º e 2º cacho PFP (1) e PFP (2) e peso dos frutos totais (PFT) seguem na Tabela 12 de resumo de análise de variância. Verificam-se efeitos para o fator lâmina de irrigação (L) nas variáveis %C (2), PFP (2) e PFT significativo a ( $p < 0,01$ ) e PFP (1) a ( $p < 0,05$ ), não se identifica nenhum efeito para a variável %C (1). Para o fator população de plantas (P) verifica-se apenas efeito significativo no PFP (2) em nível de ( $p < 0,05$ ), enquanto na interação dos fatores (L x P) não se determinam variações durante o estudo.

**Tabela 12.** Resumos das análises de variância referente às variáveis percentuais de casca (%C) e peso dos frutos na parcela (PFP) do 1º e 2º cacho e peso dos frutos totais (PFT) da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	de	Quadrados Médios				
		%C (1)	%C (2)	PFP (1)	PFP (2)	PFT
Blocos	3	62,3078	41,5830	251271,5284	104870,4045	581261,2181
Lâmina (L)	3	12,3080 <sup>ns</sup>	152,6032 <sup>**</sup>	774470,2516 <sup>*</sup>	425702,8850 <sup>**</sup>	1637365,9789 <sup>**</sup>
Resíduo 1	9	13,5089	6,6850	74155,3574	14147,5979	124920,1033
População (P)	3	1,7772 <sup>ns</sup>	6,2526 <sup>ns</sup>	73263,4040 <sup>ns</sup>	56945,3830 <sup>*</sup>	15589,6692 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	14,9407	3,0724	38416,4467	12583,2244	47661,9249
Interação L x P	9	4,4529 <sup>ns</sup>	8,4100 <sup>ns</sup>	47945,1829 <sup>ns</sup>	30758,0276 <sup>ns</sup>	93132,6939 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	17,3382	4,1790	43082,2978	11761,9632	67186,1830
Total	63					
CV (1) %		12,77	9,47	25,60	23,40	22,49
CV (2) %		13,43	6,42	18,43	22,07	13,89
CV (3) %		14,47	7,49	19,52	21,25	16,49

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Nos dados obtidos para a variável %C (1) não se verifica efeito, seguindo a mesma tendência do PFr (1) e PS (1), os quais não diferenciam quanto aos seus fatores anteriormente mensurados. Estes resultados implicam que a lâmina de irrigação aplicada, bem como as diferentes populações de plantas submetidas não influenciou no comportamento da mamoneira BRS ENERGIA, permitindo um desenvolvimento semelhante.

De maneira diferente foi determinado para a variável %C (2) que por meio da equação quadrática os valores estimados para %C (2) foram 24,24, 25,89, 27,66 e 31,35% em relação ao peso total do cacho, referentes às lâminas 294,22, 382,50, 479,75 e 679,75 mm, respectivamente (Figura 10A).

Através destas informações, verifica-se que o aumento do %C (2) está diretamente relacionado com o aumento da lâmina irrigada, onde os valores estimados em L4 foram 29,33% superiores quando comparando a L1. Analisando do ponto de vista produtivo para a cultura, este incremento do %C (2) na L4 não é interessante, pois ao invés da planta direcionar as atividades energéticas para a semente, está direcionando suas reservas para a casca, perceptivo devido o aumento %C (2), ocasionando perdas na produtividade, pois favorece a uma menor proporção do peso das sementes no cacho, além de requerer uma maior aplicação na lâmina de irrigação. Contudo, o resultado satisfatório do estudo é verificado mais claramente quando da maior eficiência de aplicação de água nas plantas que recebem menor quantidade, pois apresentam menores %C (2).

A tentativa de quantificar com precisão a lâmina de água aplicada nas culturas, principalmente em áreas do semi-árido, onde a escassez deste insumo torna-se fator limitante para o potencial produtivo, constitui-se numa ação de extrema importância para a sustentabilidade da atividade agrícola. O método considerado ideal para esta quantificação deve envolver uma propriedade física do solo ou uma característica altamente correlacionada ao seu teor de água (SILVA & GERVÁSIO, 1999), além de observações voltadas para as necessidades hídricas das culturas e o próprio comportamento fisiológico da plantas, quando submetidas variações de estudos.

Analisando a variável peso dos frutos do 1º cacho da parcela PFP (1) verifica-se que a equação quadrática é a que melhor se adapta a cultura, refletindo seu desempenho quando submetidas às aplicações com diferentes lâminas. Os resultados obtidos para as lâminas 294,22, 382,50, 479,75 e 679,75 mm foram 880,97, 1.188,34, 1.316,19 e 890,40 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores condicionam a L3 como a mais produtiva para o 1º cacho, enquanto a L1 e L4 obtiveram as menores produções. Os valores percentuais da PFP (1) na L3 foram superiores em relação a L1, L2 e L4 em 49,40, 10,76 e 47,82%, respectivamente.

Através da equação na Figura 10B encontra-se a máxima produção da mamoneira na lâmina de irrigação 487,53 mm, cujo valor estimado foi de 1.317,09 kg ha<sup>-1</sup>. Este resultado é bastante próximo da L3 e não muito distante da L2, considerando os custos com a água numa determinada região, a redução de quase 10% na produção (L2) pode ser compensada com a economia de mais 100 mm em relação à lâmina determinada na maior produção.

Já os resultados referentes à L1 e L4 a partir do observado nas avaliações das variáveis de produção CC (1) e NFr (1), influenciaram nas respostas PFP (1). Implicando que a menor e maior lâmina aplicada na irrigação no presente estudo, induz num menor desenvolvimento comparado a L3. Sobre a L4, embora tenham sido verificadas recuperações em algumas variáveis a partir dos 60 DAG, mas alguns problemas ocorridos no início do experimento não foram suficientes para reverterem este quadro e fizessem com que as plantas sob estas condições conseguissem obter melhores resultados de desenvolvimento para a cultura.

A principal consequência do encharcamento do solo é a diminuição da concentração de oxigênio, o que dificulta a respiração radicular e acarreta outros problemas, como: parada do processo ativo de absorção de nutrientes (o qual depende da respiração) e ocorrência de respiração anaeróbia pela planta e pelos microrganismos do solo, causando acúmulo de substâncias tóxicas como metano, etileno e gás sulfídrico (PIRES et al., 2002).

Já os resultados encontrados para PFP (2) seguiram o comportamento das variáveis CC (2) e PS (2) que conseqüentemente vieram a influenciar nos resultados obtidos para PFP (2). Os valores encontrados foram representados através de equação quadrática por ser a que melhor se adequa ao comportamento do PFP (2). Os PFP (2) estimados foram 292,14, 489,41, 628,12 e 661,57 kg ha<sup>-1</sup> e estes resultados evidenciaram a lâmina de 679,75 mm como a de melhor desempenho, sendo seus percentuais 126,45, 35,17 e 5,32% superiores as lâminas 294,22, 382,50 e 479,75 mm, respectivamente. O máximo PFP (2) foi estimado em 689,47 kg ha<sup>-1</sup> na lâmina de 598,19 mm a partir da equação na Figura 10B.

Quando comparado ao PFP (1) verifica-se reduções muito expressivas de produtividade e seus percentuais foram 201,55, 142,81, 109,54 e 34,59% inferiores em relação a L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Notoriamente observa-se que a L1 foi a mais prejudicada nesta variável, conseqüentemente a deficiência hídrica não permitiu que as plantas neste tratamento pudessem absorver água suficientemente para realizar suas atividades metabólicas, o que afetou seu crescimento e desenvolvimento, levando a redução significativa no número de folhas, diminuição da área foliar, menor comprimento de cacho, percentual de flores femininas, número de frutos, peso dos frutos e peso de sementes, observado durante todo o experimento e que afetou diretamente o PFP (2).

Haja vista estas diferenças significativas entre PFP (1) e PFP (2), através das informações coletadas também nos permitem compreender que à medida que aumenta a lâmina de irrigação aplicada, as plantas de mamona respondem melhor ao PFP (2), fato também observado na AP, DC aos 80 e 100 DAG, CC (2), % C (2) e PS (2) fortalecendo a hipótese de que estes resultados sejam inerentes. Logo, é de extrema importância que a partir da emissão da 2ª inflorescência deva-se alertar para uma maior aplicação de lâmina, pois não só vem a favorecer as necessidades do 1º cacho, como principalmente é essencial para atingir melhores resultados para as variáveis do 2º cacho.

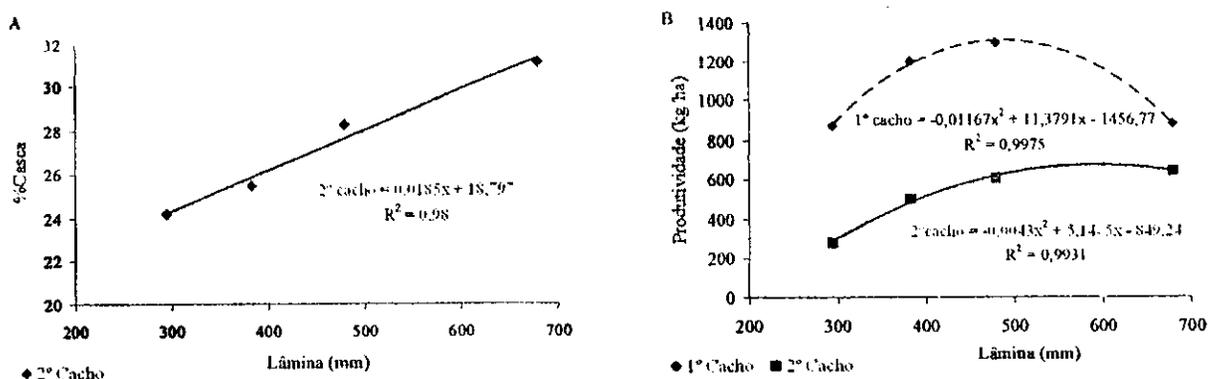


Figura 10. Percentual de casca do 2º cacho (A) e produtividade do 1º e 2º cacho (B) da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2005

No fator população de plantas os valores estimados para as populações 35.460, 39.682, 45.045 e 52.083 plantas  $\text{ha}^{-1}$  foram 566,77, 533,84, 492,01 e 437,11  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 11A). Através dos resultados verifica-se uma melhor adaptação da cultura para a menor população, com os valores percentuais acima das P2, P3 e P4 de 6,17, 15,19 e 29,66%, respectivamente.

Os espaçamentos mais estreitos propiciaram uma menor produção por planta, sendo esperado sua compensação na produção por área, devido a maior quantidade destas, o que de fato não aconteceu. Neste caso, verifica-se que os maiores espaçamentos foram mais bem adaptados quando submetidos às condições de estudo. Provavelmente seus sistemas de absorção de água através de raízes mais espalhadas no solo, somados a um excelente aproveitamento da radiação solar devido às maiores distâncias entre as plantas favoreceu a produção de fotoassimilados que foram fatores determinantes no melhor desenvolvimento da cultura quando comparado ao aumento das populações.

Na literatura tem-se encontrado algumas situações semelhantes, como o citado por Cia (1996) que estudando três densidades de plantio (4, 8 e 16 plantas  $\text{metro}^{-1}$ ) em algodoeiro, utilizando-se a variedade IAC-18, com espaçamento de 1,00 m entre as linhas, com e sem aplicação de regulador de crescimento, verificou que a produção foi menor na maior densidade de plantio (16 plantas  $\text{metro}^{-1}$ ).

Contrário a situação acima mencionada, estudos conduzidos na região do Seridó Paraibano, por Azevedo et al. (1999) utilizando o cv CNPA 5M (algodão Mocó), observou que aumentos nos níveis populacionais propiciaram aumentos significativos no rendimento do algodoeiro apenas no primeiro ano, sendo a população de 20.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  mais produtiva nos dois anos.

Verifica-se que há propostas de espaçamentos e densidades de plantio para as mais variadas culturas, dentre elas a mamoneira, e que têm procurado atender às necessidades específicas dos tratos culturais e a melhoria da produtividade. Todavia alterações em espaçamentos e densidades induzem a uma série de modificações no crescimento e no desenvolvimento das plantas que precisam ser mais bem conhecida SOUZA (1996).

No PFT os resultados encontrados para esta variável confirmam a L3 como a mais adaptada às condições que foram avaliadas durante o experimento. Sua produtividade total foi 1.937,40  $\text{kg ha}^{-1}$  de frutos enquanto as demais obtiveram 1.170,54, 1.673,40 e 1.538,22  $\text{kg ha}^{-1}$

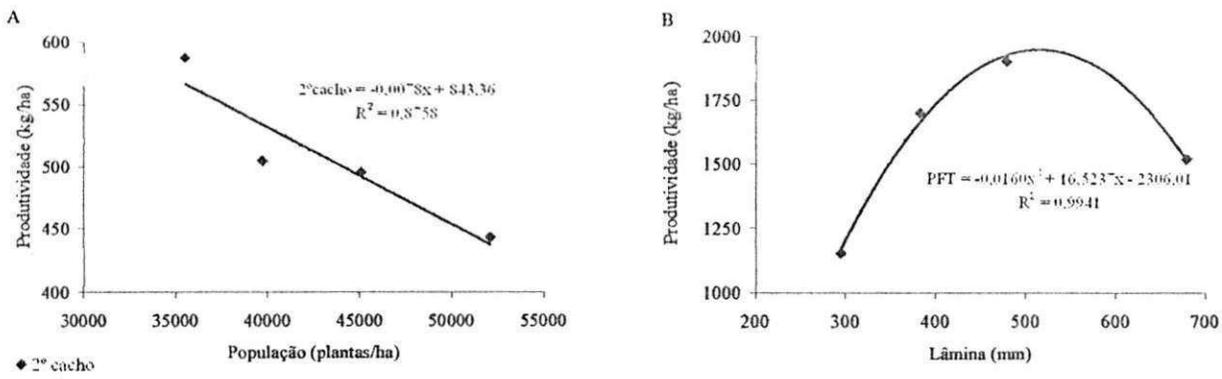
para L1, L2 e L4, respectivamente. A produtividade máxima estimada foi de 1.960,12 kg ha<sup>-1</sup> para uma lâmina de 516,36 mm (Figura 11B).

Considerando a produtividade de 1937,40 kg ha<sup>-1</sup> (L3) como o peso total dos frutos e excluindo o %C que nesta lâmina foi aproximadamente 28%, logo a produtividade estimada seria de 1.394,93 kg ha<sup>-1</sup>, bem acima das produtividades obtidas no Estado da Bahia (695,30 kg ha<sup>-1</sup>) e aproximado do Estado de São Paulo entre 2003 e 2005 SANTOS & KOURI (2006). Porém um grande resultado encontrado foi determinar que esta produção é resultado da aplicação 479,75 mm de lâmina de água, onde contemplam vários municípios de muitas regiões nordestina. Em estudo de adensamento de mamoneira genótipo CSRN-142 sob condições de sequeiro GONDIM et al. (2006) obteve 1.539 kg ha<sup>-1</sup> de bagas em 462,00 mm, os quais são valores inferiores aos aqui relatados quando comparado 382,50 mm que foi de 1.673,40 kg ha<sup>-1</sup>.

Outra importante observação está relacionada ao seu ciclo que é de aproximadamente 120 dias, possibilitando o aproveitamento da estação chuvosa, juntamente com uso da irrigação como suplementação hídrica no final do ciclo da cultura, contribuindo ainda mais para o aumento da produtividade, pois garantiria o enchimento dos frutos numa das principais fases de necessidade de água para a planta.

Valores superiores de produção da mamoneira têm sido mencionados por alguns autores como Souza & Távora (2006) que obtiveram maiores produtividades de grãos nos plantios de janeiro, 3.377 kg ha<sup>-1</sup> e 4.252 kg ha<sup>-1</sup> com a variedade BRS Nordestina, as quais estão entre as mais altas já relatadas na literatura sob condições experimentais.

No fator população de plantas, mesmo havendo efeito significativo na variável PFP (2), este resultado não foi o suficiente para interferir na PFT, além do mais as outras variáveis de produção CC (1), CC (2), %FF (1), %FF (2), NFr (1), PFr (1), PFr (2), PS (1), PS (2) e PFP (1) não foram observados efeitos significativos, o que pode ter influenciado diretamente no resultado da PFT.



**Figura 11.** Produtividade do 2<sup>o</sup> cacho da mamona em função da população de plantas (A) e produtividade total (B) em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2005

## EXPERIMENTO II

### 5.1 – Avaliações das Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento

#### 5.1.1 - Altura de Planta

Os resumos das análises de variância para a variável altura de planta (AP) estão apresentados na Tabela 13, onde se verificam efeitos significativos para o fator lâmina de irrigação (L) em nível de ( $p < 0,01$ ) a partir dos 40 DAG. Não foram observados efeitos significativos para o fator população de plantas (P) e também para a interação dos fatores (L x P) em nenhuma das épocas estudadas.

No comportamento da AP em função da lâmina de irrigação, verifica-se aos 20 DAG aproximadamente 20 cm de AP em média, não havendo diferença significativa nesta época, pois a lâmina de água aplicada foi uniforme como forma de garantir a germinação de todas as plantas nas parcelas, inferindo, assim, que estas foram submetidas às mesmas condições em todos os tratamentos.

**Tabela 13.** Resumos das análises de variância da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após geminação (DAG). Barbalha-CE, 2006

Fonte de Variância	GL	Quadrados Médios				
		20 DAG	40 DAG	60 DAG	80 DAG	100 DAG
Blocos	3	9,3781	123,7768	1369,4417	1732,8343	1259,1708
Lâmina (L)	3	8,6461 <sup>ns</sup>	893,0960 <sup>**</sup>	2062,2899 <sup>**</sup>	2353,8940 <sup>**</sup>	1586,4365 <sup>**</sup>
Resíduo 1	9	3,4585	123,9912	130,6344	84,8413	225,5934
População (P)	3	1,6920 <sup>ns</sup>	93,7082 <sup>ns</sup>	242,7132 <sup>ns</sup>	153,3795 <sup>ns</sup>	161,7888 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	2,9414	121,9786	134,1840	184,7037	215,2250
Interação L x P	9	3,4633 <sup>ns</sup>	124,3278 <sup>ns</sup>	118,5619 <sup>ns</sup>	174,4154 <sup>ns</sup>	109,0140 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	3,6148	67,7528	154,6959	197,6208	279,1939
Total	63					
CV (1) %		9,17	21,63	13,15	9,32	15,03
CV (2) %		8,46	21,46	13,33	13,75	14,68
CV (3) %		9,38	15,99	14,31	14,22	16,69

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

A partir dos 40 DAG estimaram-se as seguintes AP, 45,97, 56,90, 61,20 e 48,89 cm para L1=311,74, L2=460,40, L3=668,53 e L4=850,54 mm, respectivamente. Com estes resultados verifica-se que a L1 deteve menor AP, sendo inferior 24,88% quando comparado a L3, já em L2 com 7,02% e a L4 com 20,11% também tiveram AP inferiores em relação L3 (Figura 12A).

A partir destas informações na L1 verifica-se que a menor lâmina de água aplicada leva a deficiência hídrica o que reduz a multiplicação e a expansão das células, resultando em menor crescimento do dossel vegetativo das plantas. Em geral, o crescimento das plantas é afetado pela disponibilidade de água no solo, pois a extensibilidade plástica e elástica dos tecidos decrescem quando estes são expostos às condições limitadas de disponibilidade hídrica, reduzindo a expansão do dossel vegetativo (NEUMANN, 1995).

Aos 60 DAG a L3 manteve seu comportamento com maior AP, onde os valores percentuais encontrados não variaram muito em relação aos obtidos na época anterior, com 26,79, 7,04 e 16,54% de diminuição em L1, L2 e L4 comparado a L3, respectivamente. Aos 80 e 100 DAG as plantas de mamoneira atingiram suas maiores alturas com 109,25 e 111,43 cm na L3, caracterizando para este cultivar seu porte baixo de acordo com NÓBREGA et al. (2001), o que pode favorecer a um adensamento de plantas. Nestas épocas todas as lâminas tenderam a uma estabilização de seus decréscimos em relação a L3, ficando com 23,66 e 22,00% para L1; 11,65 e 9,70% para L4 e 5,00 e 4,15% para L2 nas respectivas datas.

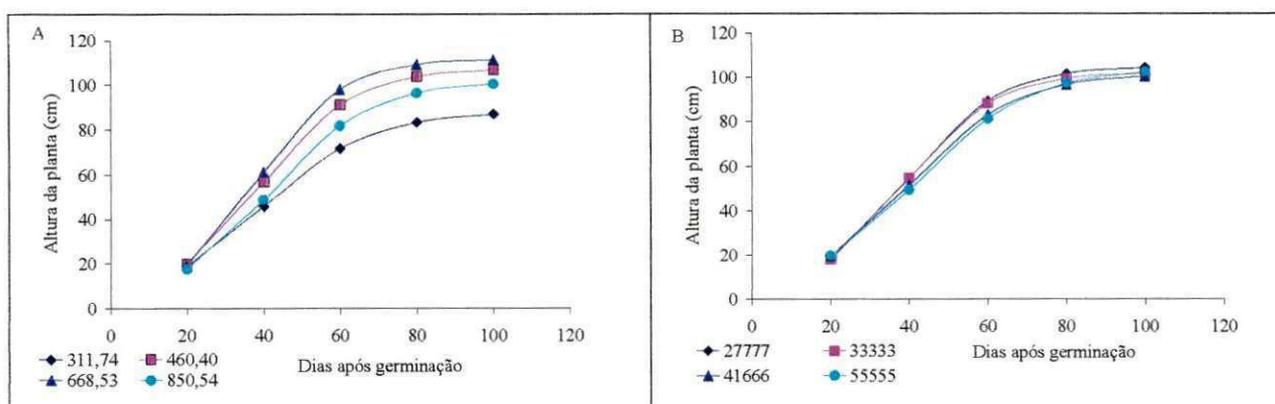
Em relação à maior altura de planta encontrada, podemos citar Barros Júnior (2007) que em seu estudo com as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu sob condições de casa de vegetação, obteve altura média das plantas conduzidas sem estresse hídrico no último período de avaliação do experimento (180 DAS) de 1,28 m. Rodrigues (2008) aos 174 DAS também para os mesmos cultivares determinou AP média de 1,42 m em 100% de evapotranspiração, todavia as plantas referentes a este trabalho obtiveram AP abaixo, devido à própria estrutura genética do cultivar.

De maneira geral observa-se que as L1 e L4 tiveram menores AP em todas as leituras realizadas. O efeito da deficiência de água foi mais sensível em todo o ciclo da mamoneira afetando seu crescimento, provavelmente devido às alterações causadas por atividades essenciais para o desenvolvimento da AP, enquanto o excesso foi mais prejudicial no crescimento inicial e seus percentuais foram diminuindo com o decorrer dos dias, possivelmente devido à adaptação deste cultivar a L4 ou causado pelo surgimento de cachos, frutos e sementes que possibilitou uma

maior disponibilidade de água para produção, além de ter sido suficientemente capaz de atender as necessidades para o crescimento da planta.

Comparativamente entre a L2 e L3 durante todo o experimento verifica-se que sua AP foi bastante próxima, porém na L2 aplicou-se 208,13 mm de lâmina de água de irrigação a menos em relação L3, estes valores representam 31,13% de economia de água entre as duas lâminas. Quando analisando o valor na L2 deste experimento com o obtido no Experimento I, confirma-se que este se aproxima do encontrado naquela ocasião para a L3 = 479,75 mm que deteve maior AP.

Em função do fator população de plantas, a maior AP foi determinada na P1 = 27.777 plantas ha<sup>-1</sup> com 104,51 cm, não distante dos valores das outras populações (Figura 12B). Mesmo variando ainda mais este fator aqui no Experimento II, de maneira semelhante nada foi encontrado no Experimento I. Isto induz que as plantas de mamoneira possuem alta capacidade de adaptação nas mais variadas populações de plantas.



$(L1=311,74) = 88,1497 / (1 + e^{(2,6937 - 0,0695 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9989$	$(P1=27.777) = 105,200 / (1 + e^{(3,2070 - 0,0823 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9995$
$(L2=460,40) = 107,600 / (1 + e^{(3,0724 - 0,0797 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9980$	$(P2=33.333) = 102,400 / (1 + e^{(3,2237 - 0,0842 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9957$
$(L3=668,53) = 111,900 / (1 + e^{(3,3436 - 0,0883 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9977$	$(P3=41.666) = 101,900 / (1 + e^{(2,8884 - 0,0730 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9997$
$(L4=840,54) = 101,000 / (1 + e^{(3,0486 - 0,0742 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9953$	$(P4=55.555) = 104,700 / (1 + e^{(2,8018 - 0,0675 \cdot t)})$	$R^2 = 0,9975$

**Figura 12.** Altura da planta (AP) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

### 5.1.2 – Diâmetro de Caule

Encontram-se dispostos os resultados dos resumos das análises de variância para a variável DC na Tabela 14. Conforme estes dados verificam-se que houve efeitos no fator lâmina de irrigação (L) aos 40 e 60 DAG significativo a ( $p < 0,01$ ) e aos 80 DAG a ( $p < 0,05$ ). Para o fator população de plantas verificam-se efeitos significativos a nível de ( $p < 0,05$ ) aos 60, 80 e 100 DAG. Quanto à interação dos fatores (lâmina de irrigação x população de plantas) não foram identificados variações significativas durante o experimento.

Assim como a altura de planta, não houve efeito significativo para o DC em função da lâmina de irrigação para a primeira avaliação. Tal motivo possibilitou o crescimento da mamoneira de maneira aproximada em todos os tratamentos.

Aos 40 DAG identificou-se DC de 1,20, 1,36, 1,47 e 1,24 cm nas lâminas L1, L2, L3 e L4, estes resultados implicaram em reduções em relação a L3 de 18,36, 7,48 e 15,64%, respectivamente (Figura 13A). Seguindo a mesma tendência da variável AP, observa-se menor DC na L1, causado pela redução da umidade do solo cultivado, que teve como consequência natural a evaporação da água do solo e a transpiração da planta, sendo este fator o meio necessário para o transporte de solutos das raízes para a parte aérea, o qual prejudica o crescimento do DC.

**Tabela 14.** Resumos das análises de variância do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

Fonte de Variância	de GL.	Quadrados Médios				
		20 DAG	40 DAG	60 DAG	80 DAG	100 DAG
Blocos	3	0,0217	0,0108	0,1050	0,0722	0,0935
Lâmina (L)	3	0,0103 <sup>ns</sup>	0,1782 <sup>**</sup>	0,4353 <sup>**</sup>	0,2599 <sup>*</sup>	0,2272 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	0,0034	0,0252	0,0318	0,0608	0,0745
População (P)	3	0,0025 <sup>ns</sup>	0,0884 <sup>ns</sup>	0,1773 <sup>*</sup>	0,2581 <sup>*</sup>	0,2524 <sup>*</sup>
Resíduo 2	9	0,0048	0,0287	0,0362	0,0440	0,0537
Interação L x P	9	0,0023 <sup>ns</sup>	0,0101 <sup>ns</sup>	0,0233 <sup>ns</sup>	0,0372 <sup>ns</sup>	0,0507 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	0,0028	0,0247	0,0384	0,0590	0,0764
Total	63					
CV (1) %		7,63	12,12	10,67	14,33	15,58
CV (2) %		9,01	12,93	11,39	12,19	13,23
CV (3) %		6,92	11,99	11,73	14,11	15,77

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Também houve perdas no DC para L4 e neste caso, entende-se que o excesso de água aplicada foi o principal responsável, já que a mamoneira é bastante sensível ao excesso de água na fase inicial (AZEVEDO et al., 1997b). De modo geral, MALAVOLTA (1980) cita que o excesso de água provoca redução do crescimento das plantas, devido à menor difusividade do O<sub>2</sub> na água, resultando em anoxia radicular.

Analisando os efeitos das lâminas aos 60 e 80 DAG, nota-se que ocorre uma relativa redução percentual do DC em relação a L3, embora as plantas da L1 continuassem com crescimento mais afetado, cerca de 19,25% aos 60 DAG e 13,83% aos 80 DAG. As avaliações determinadas para L2 foram 1,68 e 1,79 cm que se referem a 5,85 e 4,31% e 1,57 e 1,70 cm equivalente a 12,03 e 4,83% na L4. Aos 100 DAG não houve diferenciação entre os tratamentos.

A partir desses resultados verifica-se que estas reduções estão diretamente relacionadas com o aumento nos DAG. No caso da L2 por conseguir se adaptar as condições impostas e se desenvolver de maneira mais eficiente, sobretudo, nesse período que ocorre o aumento da raiz por meio contínuo crescimento da mamoneira. E para a L4 por atender as necessidades hídricas das plantas, devendo ser considerada a capacidade de absorção de água do sistema radicular.

Rodrigues (2008), também verificou reduções percentuais com o passar dos dias no 'DC' entre Nr1 (0,60 ETc) e Nr5 (1,20 ETc) cujos valores foram 39,63, 20,74, 24,18 e 25,67% aos 48, 90, 132 e 174 DAS, respectivamente, com maior sensibilidade na fase inicial de crescimento, caso em que se deduz que plantas cultivadas sem restrição hídrica apresentaram caules em desenvolvimento.

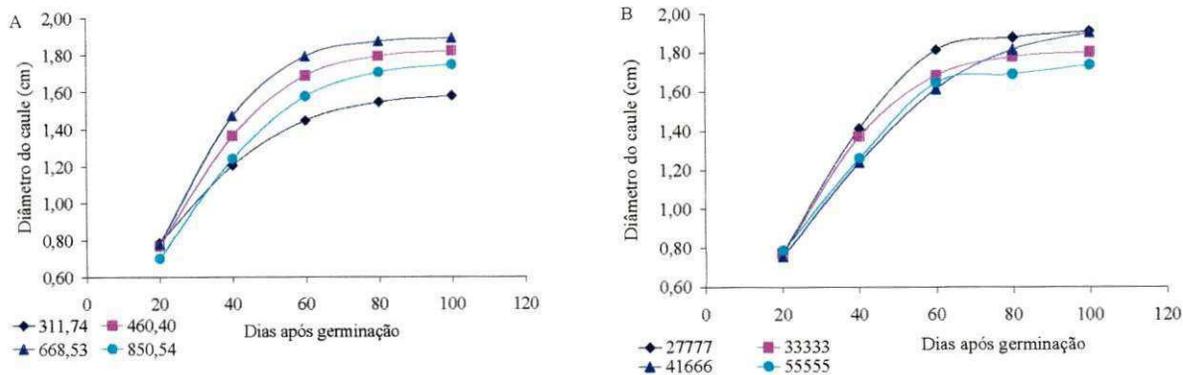
Considerando a L2 (460,40 mm) como a mais eficiente para esta variável, contabilizando valores absolutos próximos de crescimento do DC em relação a L3, onde foi aplicada maior lâmina de água e comparando estes resultados com os obtidos do Experimento I na L3 (479,75 mm), tem-se que estes valores não são distantes e suas variações são inferiores em média a 3%, comparativamente em todas as épocas observadas entre os dois experimentos, desta forma, permite-se informar que aplicações de lâminas de água aproximadas a estas quantidades podem-se obter boas respostas.

No fator população de plantas (P) observam-se variações significativas a partir dos 60 DAG, sendo a P1 (27.777 plantas ha<sup>-1</sup>) a que deteve maiores diâmetros e seus valores calculados foram 1,82, 1,88 e 1,91 cm aos 60, 80 e 100 DAG, respectivamente. Por meio destas leituras verifica-se que os decréscimos do DC em relação a P2 (33.333 plantas ha<sup>-1</sup>), P3 (41.666 plantas

ha<sup>-1</sup>) e P4 (55.555 plantas ha<sup>-1</sup>) foram em média 6,0%; 5,0% e 9,5% nas três épocas em estudo, respectivamente (Figura 13B).

Estes percentuais fortalecem os resultados encontrados no Experimento I onde esta variável não foi afetada com as variações das populações de plantas, muito embora tenha ocorrido aqui no Experimento II de maneira muito discreta, sendo um pouco mais evidenciado na P4, implicando que o cultivar BRS ENERGIA de mamoneira tem grande versatilidade em adaptações nas mais diversificadas condições de adensamento populacional.

Analisando o resultado da P4 verifica-se que quando diminui o espaçamento entre as plantas numa lavoura de mamona, intensifica-se a competição por água e nutrientes. Além do mais, sob densidade populacional mais alta ocorre maior interceptação da luz devido o grande número de folhas na área, mas também pode levar a um sombreamento das plantas menores, as quais podem ser desfavorecidas nos processos fotossintéticos, principalmente na absorção da radiação solar o que acaba interferindo não apenas no crescimento do DC, podendo ter ocorrido neste estudo, como também influenciar diretamente na produção.



$(L1=311,74) = 1,5969 / (1 + e^{(1,1827 - 0,0577.t)})$	$R^2 = 0,9986$	$(P1=27.777) = 1,9244 / (1 + e^{(1,7872 - 0,0702.t)})$	$R^2 = 0,9982$
$(L2=460,40) = 1,8335 / (1 + e^{(1,7168 - 0,0696.t)})$	$R^2 = 0,9951$	$(P2=33.333) = 1,8135 / (1 + e^{(1,7326 - 0,0718.t)})$	$R^2 = 0,9976$
$(L3=668,53) = 1,8981 / (1 + e^{(1,9646 - 0,0802.t)})$	$R^2 = 0,9737$	$(P3=41.666) = 1,9622 / (1 + e^{(1,4663 - 0,0502.t)})$	$R^2 = 0,9972$
$(L4=850,54) = 1,7651 / (1 + e^{(1,6881 - 0,0637.t)})$	$R^2 = 0,9978$	$(P4=55.555) = 1,7636 / (1 + e^{(1,3468 - 0,0567.t)})$	$R^2 = 0,9695$

**Figura 13.** Diâmetro do caule (DC) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após geminação (DAG). Barbalha-CE, 2006

### 5.1.3 – Área Foliar

Na variável área foliar (AF) verifica-se que houve efeitos significativos a nível de ( $p < 0,05$ ) no fator lâmina de irrigação (L) aos 20 DAG e significativo a ( $p < 0,01$ ) aos 40 e 60 DAG, não havendo efeitos nas demais épocas, conforme os resumos das análises de variância Tabela 15. Para o fator população de plantas (P) há variação apenas aos 60 DAG, significativo ao nível de ( $p < 0,01$ ). Para a interação dos fatores (L x P) não foram determinados em nenhuma das épocas estudadas efeitos significativos.

**Tabela 15.** Resumos das análises de variância da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

Causa de Variância	de GL	Quadrados Médios				
		20	40	60	80	100
Blocos	3	18556,61	1789126,34	45488011,87	25832500,44	10456014,33
Lâmina (L)	3	187582,05*	5972548,42**	71105672,01**	9022380,59 <sup>ns</sup>	14908788,98 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	35776,00	710191,74	5674262,04	9546828,86	9556165,63
População (P)	3	149329,34 <sup>ns</sup>	249170,59 <sup>ns</sup>	42915153,11**	22613875,99 <sup>ns</sup>	6750764,31 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	85001,60	603074,67	6517434,00	17451854,82	5539985,76
Interação L x P	9	8809,52 <sup>ns</sup>	521675,80 <sup>ns</sup>	11994801,18 <sup>ns</sup>	9276973,48 <sup>ns</sup>	3236874,43 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	53721,96	737833,46	5991217,80	11392645,52	8749711,71
Total	63					
CV (1)%		19,56	24,36	35,42	47,04	78,25
CV (2)%		30,14	22,44	37,96	63,60	59,58
CV (3) %		23,96	24,83	36,39	51,38	74,87

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Diferentemente do que aconteceu nas variáveis estudadas anteriormente AP e DC, bem como no que foi descrito no Experimento I, verificou-se efeito significativo no fator lâmina de irrigação no início do crescimento da cultura aos 20 DAG para a AF. Os valores coletados foram 973,17, 933,69, 830,18 e 838,73 cm<sup>2</sup> nas L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Estes valores encontrados evidenciam a L1 como a de maior AF, sendo superior a L2 em 4,23%, L3 em 17,22% e L4=16,03% (Figura 14A).

Como até esta data foi aplicada a mesma lâmina de irrigação em toda área, as plantas de mamoneira que estavam situadas na L1 se adaptaram com maior eficiência às condições propostas e cresceram de maneira diferenciada para a AF, embora estes percentuais não sejam acentuados.

Aos 40 DAG as plantas dispostas na L3 apresentaram AF maior em relação às plantas das demais lâminas, onde foram determinados nas L1, L2 e L4 reduções de 79,34, 33,89 e 68,78%,

respectivamente. Verifica-se que a L1 comparada à avaliação anterior foi a lâmina mais afetada em curto espaço de dias, onde foi estimado 2.896,57 cm<sup>2</sup>, enquanto a L3 foi de 5.194,98 cm<sup>2</sup>, caracterizando um efeito mais severo nas plantas que receberam menor lâmina de irrigação.

Como aos 40 DAG as lâminas de irrigação foram aplicadas em quantidades diferentes devidos os tratamentos, logo, o efeito encontrado para a L1 foi causado pela deficiência de água. Na literatura é conhecido que plantas submetidas a déficit hídrico desenvolvam folhas pequenas, as quais minimizam a resistência da camada limite da folha à transferência de calor para a atmosfera; por causa da baixa resistência desta camada, as folhas pequenas tendem a permanecer com temperatura próxima a do ar, mesmo quando a transpiração é reduzida, estas folhas menores influenciam diretamente na área foliar (TAIZ e ZEIGER, 2004). Já os resultados obtidos para L4, muito próximo do encontrado em L1, induzem há problemas relacionados ao excesso de água aplicado a cultura.

Os resultados estimados para os 60 DAG foram 4.955,97, 6.834,49, 8.111,78 e 5.357,13 cm<sup>2</sup> para L1, L2, L3 e L4, estes valores confirmam a L3 (668,53 mm) como a de maior AF sendo 63,67, 18,69 e 51,42% superior a L1, L2 e L4, respectivamente. Tem-se, portanto, que em condições de escassez de água L1 (311,74 mm) a mamoneira tem sua AF comprometida e sua redução decorre, provavelmente, da diminuição do volume das células afetando a atividade fotossintética, que contribui, de certo modo, para adaptação das culturas ao estresse hídrico.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Barros Júnior (2007) que verificou extrema superioridade do tratamento nos solos cujo conteúdo de água foi mantido na capacidade de campo (100% AD) em relação aos demais tratamentos (40, 60 e 80% AD), principalmente a partir dos 60 DAS, de forma que, quanto menor o conteúdo de água no solo, mais precocemente apareceu reduções significativas na área foliar.

Rodrigues (2008) observou com o nível mais baixo de reposição de água residual, que a altura da planta, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar da mamoneira foram reduzidos na ordem de 32,47, 25,67, 47,41 e 105,00%, respectivamente; deduziu-se então que a 'AF', aparelho assimilatório, foi dentre as variáveis de crescimento, a mais afetada. Essa situação evidencia a sensibilidade dos cultivares quanto à condição de estresse hídrico (baixos níveis de reposição de água), as quais foram submetidas.

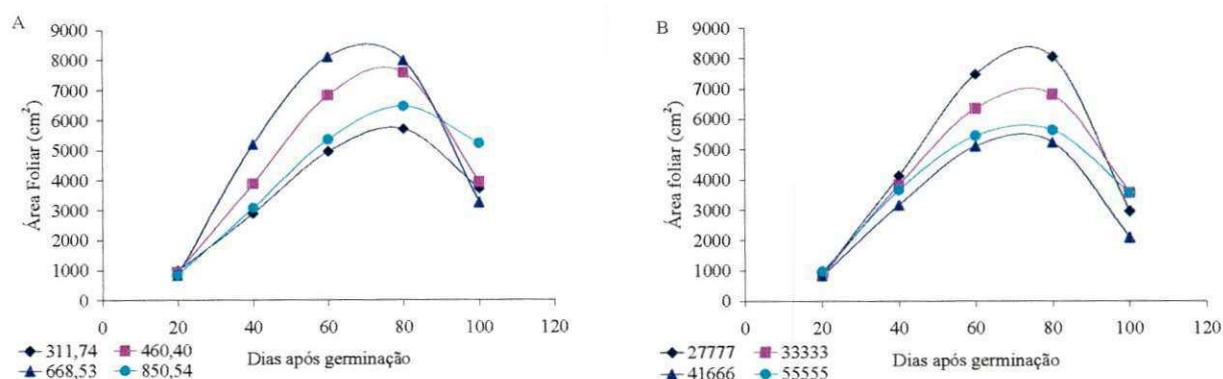
Conforme Taiz e Zeiger (2004), a expansão ou alongamento celular, é um processo dependente do turgor, portanto, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas; assim, a restrição hídrica limita não só o número de folhas; mas também o tamanho da

folhas, fatos evidenciados na presente pesquisa tanto no Experimento I (Figura 7A), quanto no Experimento II (Figura 14A).

De modo geral as diferenças entre plantas cultivadas aos 20 DAG em relação aos 60 DAG tiveram AF inferior de 80,52, 86,33, 89,76 e 84,34% nas L1, L2, L3 e L4, respectivamente. O próprio comportamento do crescimento inicial comparado a um estágio de crescimento acelerado da planta reflete estas diferenças.

Muito embora não se tenha verificado variação para o fator população de plantas (P) na variável AF no Experimento I, aqui no Experimento II foi encontrada e a P1 (27.777 plantas ha<sup>-1</sup>) destacou-se com maior crescimento, enquanto a P2 (33.333 plantas ha<sup>-1</sup>), P3 (41.666 plantas ha<sup>-1</sup>) e P4 (55.555 plantas ha<sup>-1</sup>) foram inferiores em 17,64, 46,31 e 37,28%, respectivamente. Estes resultados implicam numa melhor adaptação da P1, provavelmente devido a não competição por água, luz e nutrientes a que as plantas de mamoneira foram submetidas em relação às outras populações. Além do mais, se verificam que as maiores reduções percentuais foram identificados nos tratamentos com menor população de plantas (Figura 14B).

Para Benincasa (2003), o declínio da área foliar à medida que as plantas se desenvolvem, também pode ser decorrente da interferência das folhas superiores sobre as inferiores de plantas muito adensadas, o que provoca a diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura.



$(L1=311,74) = -0,030x^3 + 3,77x^2 - 46,03x + 625,77 \quad R^2=0,9984$	$(P1=27.777) = -0,060x^3 + 7,32x^2 - 108,30x + 591,82 \quad R^2=0,9428$
$(L2=460,40) = -0,046x^3 + 5,53x^2 - 55,68x + 203,29 \quad R^2=0,9908$	$(P2=33.333) = -0,034x^3 + 3,53x^2 + 31,88x - 913,60 \quad R^2=0,9830$
$(L3=668,53) = -0,033x^3 + 2,15x^2 + 181,64x - 3398,62 \quad R^2=0,9057$	$(P3=41.666) = -0,030x^3 + 3,12x^2 + 13,33x - 435,39 \quad R^2=0,9999$
$(L4=850,54) = -0,025x^3 + 3,05x^2 - 1,04x - 160,47 \quad R^2=0,9981$	$(P4=55.555) = -0,014x^3 + 0,53x^2 + 142,53x - 1983,09 \quad R^2=0,9940$

**Figura 14.** Área foliar (AF) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

#### 5.1.4 Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo da Altura da Planta

Os resultados obtidos para as variáveis taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo da altura de planta da mamoneira BRS ENERGIA, TCAap e TCRap, respectivamente, seguem através de representações gráficas, onde os valores estimados das taxas de crescimento da cultura foram submetidos à metodologia específica aplicada a cada variável.

Analisando as TCAap em função da lâmina de irrigação, verifica-se que no intervalo 20-40 DAG foram estimados as seguintes taxas de crescimento 1,27, 1,71, 1,99 e 1,32  $\text{cm dia}^{-1}$ , estes resultados inferem a L3 (668,53 mm) com maior desempenho, tendo seu valor aproximado da L2 (460,40 mm), enquanto que as menores e maiores lâminas tiveram seus resultados bem abaixo.

No intervalo 40-60 DAG foram registrados as maiores leituras em quase todas as lâminas, sendo 1,35, 1,82, 1,94 e 1,85  $\text{cm dia}^{-1}$ , novamente a L3 contabilizou maior TCAap com as L1, L2 e L4 inferiores em 43,70, 6,59 e 4,86% respectivamente. Neste intervalo, verificou-se um expressivo aumento na L4, como também foi observado diretamente na variável AP e indiretamente em DC e AF, para as respectivas épocas. Notadamente neste intervalo as plantas atingiram suas maiores atividades metabólicas contribuindo para as maiores TCAap.

Barros Júnior (2007) registrou taxas de crescimento bem inferiores, utilizando água de abastecimento; suas maiores leituras ocorreram na primeira avaliação (20 a 40 DAS) com médias de 1,23 e 1,28  $\text{cm dia}^{-1}$  para os cultivares BRS Nordeste e BRS Paraguaçu. Já Rodrigues (2008), determinou maior taxa de crescimento diário entre 48 e 90 DAS, com média de 1,36  $\text{cm dia}^{-1}$  utilizando águas residuária, no cultivar BRS Paraguaçu. Verificou-se, portanto que os valores da TCAap no presente estudo na menor lâmina foram próximos aos de Rodrigues (2008). Esta diferença pode estar relacionada com o fato de ter sido estudado outro cultivar de mamoneira, onde seu ciclo é bem mais curto e que favoreceu em determinar estes resultados superiores.

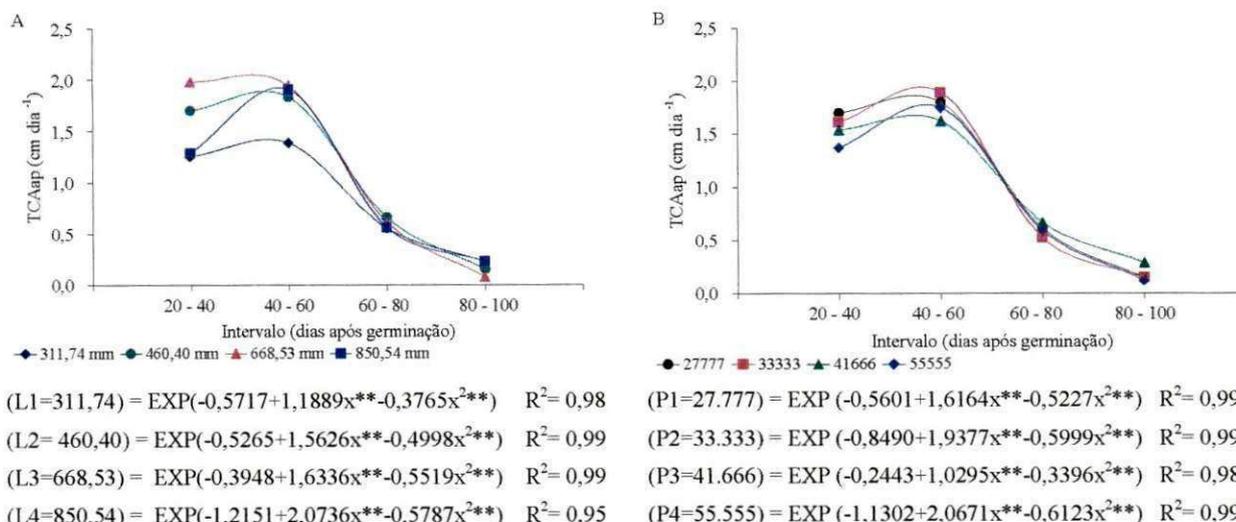
Nos intervalos 60-80 e 80-100 DAG verifica-se uma diminuição acentuada e uma estabilização, seqüencialmente para a TCAap Figura 15A, implicando num comportamento semelhante entre as plantas de todos os tratamentos. De maneira similar também foi verificado pelos autores acima citados que no final de seus experimentos não se constatou diferença significativa entre os cultivares estudadas.

Para Larcher (2000) paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, como aqui verificado, ocorrem pela canalização da energia de nutrientes e

assimilados destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas para formação e enchimento dos frutos.

Considerando a taxa de crescimento absoluto em função da população de plantas, verifica-se a mesma tendência que encontrado em relação à lâmina de irrigação, ou seja, nos intervalos 20-40 e 40-60 DAG, as plantas tiveram as maiores TCAap, diminuindo nos intervalos seguintes. Através do exposto na Figura 15B, tem-se que no intervalo 20-40 DAG a P1 (27.777 plantas ha<sup>-1</sup>) e a P2 (33.333 plantas ha<sup>-1</sup>) tiveram as maiores TCAap, cujos valores determinados foram 1,71 e 1,63 cm dia<sup>-1</sup> o que possibilitou suas superioridades em relação a P3 (41.666 plantas ha<sup>-1</sup>) 1,56 cm dia<sup>-1</sup> e P4=1,38 cm dia<sup>-1</sup> (55.555 plantas ha<sup>-1</sup>).

No intervalo 40-60 DAG foi encontrado as maiores leituras desta variável, onde as populações mais elevadas apresentaram menor desenvolvimento. A maior TCAap foi verificado na P2 com 1,87 cm dia<sup>-1</sup>, maior que P1, P3 e P4 em 4,46, 14,72 e 7,47%, respectivamente.



**Figura 15.** Taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAap) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

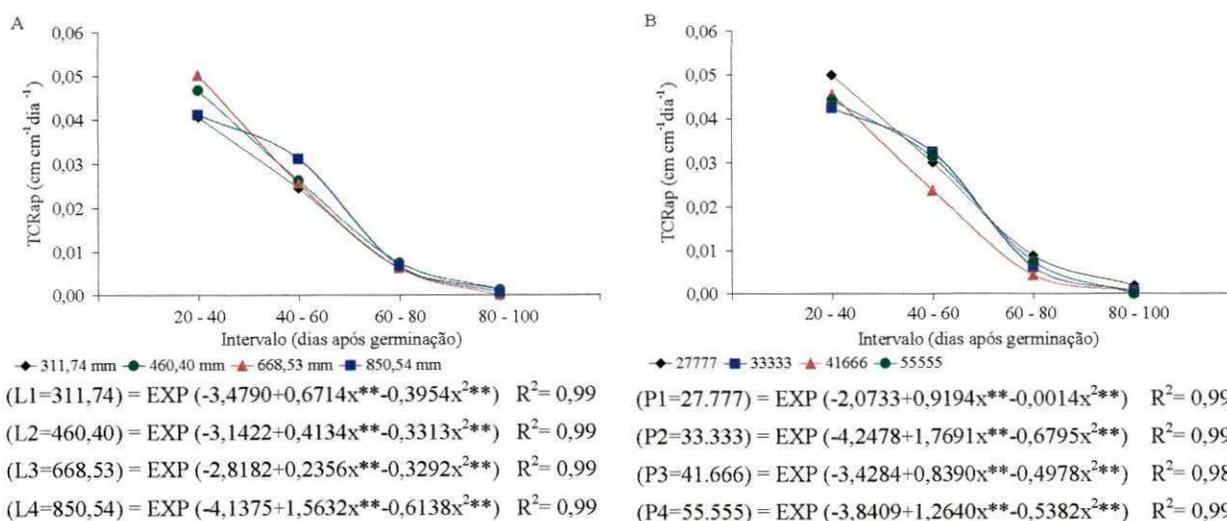
Nos intervalos seguintes 60-80 e 80-100 DAG o comportamento das plantas de mamoneiras nas diferentes populações foram equiparados, com maior TCAap para a P3, mas sem diferença em relação as demais. O fato de está aproximado do final do ciclo da cultura fora o fator determinante para as reduções nas TCAap.

Na variável taxa de crescimento relativo para altura de planta TCRap nas diferentes lâminas de irrigação e população de plantas da mamoneira em função do intervalo de tempo, obteve-se valores aproximados. Verifica-se que as características do crescimento das plantas em termos de ganho de altura se deram mais nitidamente nos intervalos 20-40 e 40-60 DAG, enquanto nos intervalos 60-80 e 80-100 DAG as TCRap foram bem insignificantes.

As maiores TCR ocorreram no 1º intervalo, sendo identificado na L3 e P1 = 0,05 cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, que seguiu de forma semelhante o comportamento no TCAap. No intervalo 40-60 DAG tanto a L3 como a P1 continuaram com maior TCRap, porém as demais lâminas de irrigação e populações de plantas mantiveram-se próxima. Nos intervalos seguintes verifica-se uma redução na taxa de crescimento relativo para os dois fatores.

Os resultados aqui encontrados se aproximam dos obtidos por Rodrigues (2008), o qual verificou para a avaliação entre 48 e 90 DAS que de modo geral, em todos os níveis de reposição de águas residuárias a TCR se aproximou de 0,02 cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> que foi a média para a BRS Nordestina e BRS Paraguaçu. A partir desta época identificaram-se as reduções no TCR, devido o desenvolvimento da planta, ou seja, mudança da fase vegetativa para a reprodutiva e com isso ficou caracterizada a queda na taxa de crescimento relativo com o tempo.

A taxa de crescimento das plantas 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 medida que as plantas se desenvolvem (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).



**Figura 16.** Taxa de crescimento relativo da altura da planta (TCRap) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

### 5.1.5 Índice de Área Foliar

As discussões envolvendo o índice de área foliar (IAF) foram submetidas aos mesmos critérios das TCA e TCR. Para o fator lâmina de irrigação, verifica-se que os resultados encontrados aos 20 DAG foram muito próximos entre si e seguiram o mesmo comportamento de outras variáveis antes analisadas. Aos 40, 60 e 80 DAG verificou-se respectivamente os seguintes valores para L1 1,08, 1,84 e 2,18  $m^2 m^{-2}$ , os quais foram os menores IAF nas plantas de mamoneira cv. BRS ENERGIA. Para Flesch & Dale (1987), estes valores foram causados pela deficiência hídrica que impossibilitou a divisão e o alongamento celulares o que auxiliaria no aumento na AF e paralelamente o IAF.

Na L3 foi verificado os maiores valores 1,86, 3,25 e 3,13  $m^2 m^{-2}$  nas mesmas datas da L1 (Figura 17A). Na L2 as leituras foram sempre as mais aproximadas da L3, enquanto a L4 foi reduzindo os decréscimos com o passar do tempo. A L3 foi em média superior em relação a L1, L2 e L4 em 53,73, 55,40 e 24,44% para aquelas épocas, respectivamente. Verifica-se que de forma similar houve diminuição dos percentuais na variável AF com o aumento dos DAG, denotando inerência entre estas variáveis.

Aos 100 DAG a L4 sobressaiu-se em relação às demais lâminas, cujas superioridades foram 62,08% em relação a L1, 72,36% para L2 e 103,83% na L3. Nesta última, ocorre uma expressiva diminuição no IAF que outrora fora a que deteve maior valor, tal redução provavelmente foi causada por uma rápida senescência das folhas da mamoneira.

Para o fator população de plantas verifica-se em todas as datas que a P4 (55.555 plantas  $ha^{-1}$ ) deteve o maior IAF, o que é bastante compreensível pelo fato de contar a maior população de plantas de mamoneira. Aos 20 DAG, por exemplo, houve uma superioridade > 90% em relação à menor população, decrescendo para 73,86 % em P2 e 59,12% em P3.

Aos 40 DAG obteve-se os seguintes valores 1,20, 1,22, 1,29 e 1,90  $m^2 m^{-2}$  para P1, P2, P3 e P4, respectivamente. Na P4 comparativamente a P1, P2 e P3 verifica-se superioridade no IAF de 58,44, 55,01 e 46,74%, seqüencialmente. Estes resultados são bem aproximados da média obtida para a mesma época no fator lâmina de irrigação, induzindo que a população de plantas de mamoneira não variou.

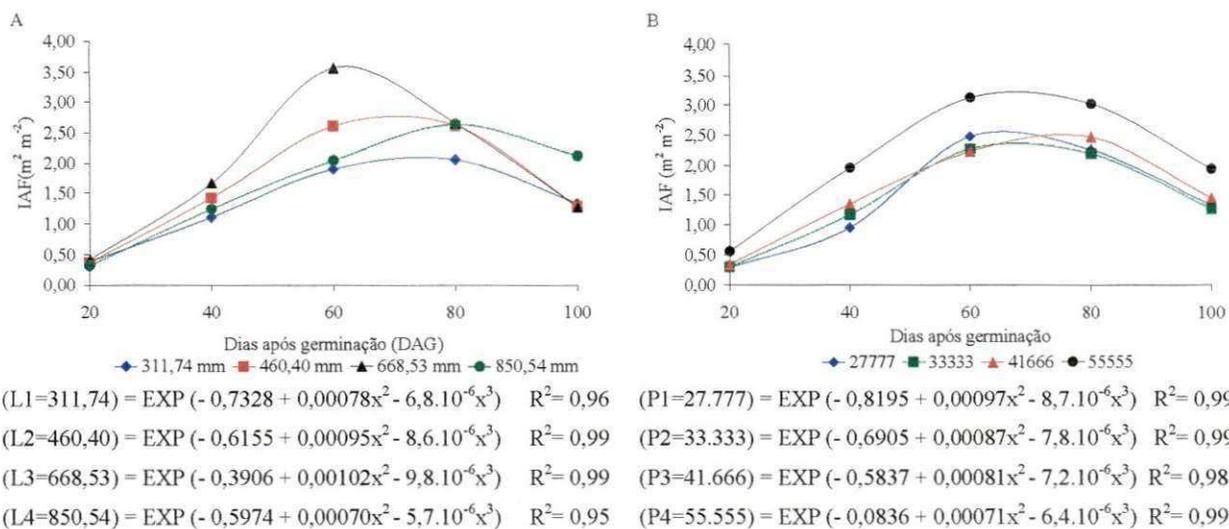
Nas leituras de 60 e 80 DAG verificam-se os menores percentuais em relação a P4 das demais populações. Tais épocas também coincidem com as maiores leituras da AF, onde nesta variável favorecem as reduções percentuais. Aos 60 DAG verificou-se na P1, P2 e P3 que os

valores foram aproximados, 2,23, 2,12 e 2,20 e 2,96  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ , respectivamente (Figura 17B), a P4 continuou sendo superior. Aos 80 DAG a mamoneira cultivar BRS ENERGIA atingiu os maiores IAF com 2,58, 2,39, 2,56 e 3,25  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$  ratificando a P4 com valores mais expressivos, muito embora as demais plantas dispostas nas outras populações tivessem reduzido estas diferenças, mas mesmo assim a superioridade da P4 em relação a P1, P2 e P3 foi 26,06, 35,84 e 27,10 % respectivamente.

Torna-se perceptível que o conhecimento da variação temporal do índice de área foliar nas culturas passa a ser uma variável extremamente útil, pois permite a avaliação de várias práticas culturais na mamoneira. De maneira semelhante foi verificado por Favarin et al. (2002), na cultura do milho auxiliando-o com informações para a adubação, irrigação, espaçamento, entre outros.

Aos 100 DAG, devido o encerramento do ciclo da cultura caracterizado pela senescência das folhas e quedas dos pecíolos, verificou uma redução acentuada do IAF em todas as populações. As populações de 27.777 e 33.333 plantas  $\text{ha}^{-1}$  registraram cerca de 50% do valor de 55.555 plantas  $\text{ha}^{-1}$  enquanto que a população de 41.666 plantas  $\text{ha}^{-1}$  foi aproximadamente 1/3 menor. Todavia a redução do IAF para esta época está relacionada com a diminuição de células fotossinteticamente ativas, inferindo na diminuição da AF e afetando o IAF.

Estas informações sobre o IAF são extremamente importantes, pois na agricultura atual há necessidade cada vez maior de estimar a capacidade produtiva das culturas, em diferentes condições do meio, tanto para obter estimativas de safras, colheita e armazenagem, como também para estimar os possíveis efeitos de alterações nas técnicas de produção. Para Muller et al. (2005), este importante parâmetro para estimar estes resultados, o índice de área foliar (IAF), tem relação com a capacidade fotossintética da população vegetal por estar relacionado à área de assimilação de  $\text{CO}_2$  e de intercepção de radiação, ou pela redução da própria taxa fotossintética quando altos IAF provocam grande perda de água e conseqüente deficiência hídrica.



**Figura 17.** Índice de área foliar (IAF) da mamona sob diferentes lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função dos dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

## 5.2 – Avaliações das Variáveis de Desenvolvimento e Produção

### 5.2.1 – Número de Dias para Emissão da 1ª Inflorescência, Comprimento do Cacho e Percentual de Flores Femininas

Os resumos das análises de variância referentes às variáveis números de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento do 1º e 2º cacho CC (1) e CC (2) e percentual de flores femininas do 1º e 2º cacho %FF (1) e %FF (2) estão apresentadas na Tabela 16. Onde se verifica para o fator lâmina de irrigação efeito significativo em nível de ( $p < 0,01$ ) no CC (1) e CC (2) e ( $p < 0,05$ ) para %FF (1). Para o fator população de plantas (P) há variações significativas a ( $p < 0,05$ ) para as variáveis CC (1) e CC (2). Não tendo sido verificado para nenhuma das variáveis efeitos significativos nas interações dos fatores (L x P).

Na variável NDI não foi determinado nenhum efeito significativo para os fatores estudados, induzindo a um comportamento de maneira semelhante da mamoneira cultivar BRS ENERGIA, similar ao determinado no Experimento I. As emissões da 1ª inflorescência deram-se em média aos 38 DAG muito próximo dos 40 DAG do experimento anterior, o que reforça a idéia de que esta cultivar pode se adaptar nas mais diferentes lâminas e populações de plantas analisadas, destacando sua precocidade na emissão da 1ª inflorescência como uma de suas principais características.

**Tabela 16.** Resumos das análises de variância do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento de cacho (CC) e percentual de flores femininas (%FF) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios				
		NDI	CC (1)	CC (2)	%FF (1)	%FF (2)
Blocos	3	56,3489	142,9116	125,8641	0,0099	0,0297
Lâmina (L)	3	0,9322 <sup>ns</sup>	591,1833 <sup>**</sup>	267,0841 <sup>**</sup>	0,0987 <sup>*</sup>	0,0020 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	15,7378	29,8087	25,5551	0,0046	0,0092
População (P)	3	3,5156 <sup>ns</sup>	97,7581 <sup>*</sup>	177,8961 <sup>*</sup>	0,0134 <sup>ns</sup>	0,0027 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	10,3767	23,6623	46,9615	0,0083	0,0066
Interação L x P	9	8,2378 <sup>ns</sup>	45,5195 <sup>ns</sup>	65,5586 <sup>ns</sup>	0,0162 <sup>ns</sup>	0,0119 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	5,1730	59,9344	62,5313	0,0072	0,0086
Total	63					
CV (1)%		10,27	16,02	22,30	11,24	15,49
CV (2)%		8,34	14,28	30,23	14,99	13,12
CV (3) %		5,89	22,72	34,88	13,94	15,01

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Alguns estudos têm sido conduzidos na tentativa de identificar genótipos de mamoneira cada vez mais precoces, como os citados por MILANI et al. (2006), que identificou floração em média aos 40,5 dias para o genótipo CNPAM 2001-49; 41,6 dias CNPAM 2001-48 e 42,3 dias para o genótipo CSRN 393, sendo estes os materiais de porte baixo com maior proximidade do NDI em relação aos determinados neste estudo. Estes valores enfatizam a importância desta variável, pois cada vez mais se tentam obter resultados mais precoces nas mais variadas culturas, tendo em vista seus reflexos diretamente na produção, além do ganho em dias cultivados que vem atrelada a economia com aplicação de lâminas de água quando irrigada, melhor enquadramento do ciclo da cultura dentro das estações chuvosas em condições de sequeiro, mão-de-obra, adubos, etc.

Nos estudos da variável CC (1) devido à significância determinada para o fator lâmina de irrigação (L), tem-se a função quadrática a que melhor representou o comportamento da cultura para esta variável aos 60 DAG, época que foi realizada a avaliação. Verifica-se que a L3 (668,53 mm) destaca-se com maior comprimento do 1º cacho e seu valor calculado foi de 40,59 cm, com superioridades em relação a L1 de 55,21%, L2=11,20% e L4=18,61%. O maior CC (1) foi com 40,71 cm sendo necessária a aplicação 634,64 mm de lâmina irrigada Figura 18A.

Seguindo o mesmo comportamento das variáveis anteriormente estudadas AP, DC e AF, onde as reduções da L1 comparadas a L3 foram 26,79, 19,25 e 38,90% aos 60 DAG respectivamente e por meio destes valores percentuais aqui encontrados, tem-se que a L1 por ser a lâmina que recebeu menos água também influenciou o CC (1).

Em relação ao Experimento I na lâmina 479,75 mm obteve-se CC (1) de 40,48 cm, valor muito próximo ao encontrado neste estudo que foi 40,59 cm na L3 (668,53 mm), tendo em vista os valores de lâmina aplicada nos dois experimentos, é de grande valia à informação para relação custo/benefício no CC (1) com foco na economia de água.

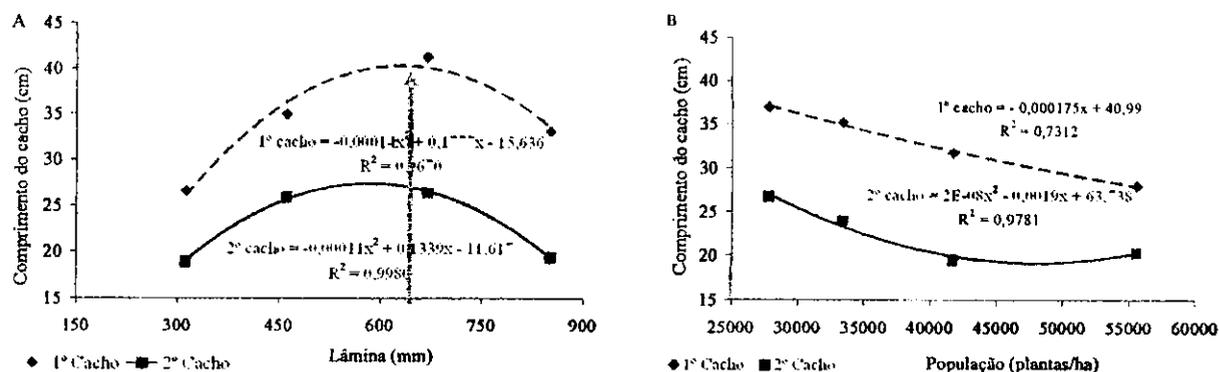
Na variável CC (2) os resultados encontrados foram por meio da função quadrática que melhor representou as condições das plantas em campo. Os valores estimados foram 19,43, 26,71, 28,73 e 22,69 cm para L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Observa-se que as plantas da L1 e L4 tiveram menor leitura também no CC (2), enquanto as L2 (460,40 mm) e a L3 (668,53 mm) apresentaram comportamento semelhante, da mesma forma aconteceu no Experimento I, na ocasião os valores registrados foram 22,77 cm na L3 (479,75 mm) e 25,37 cm na L4 (679,75 mm).

Milani et al. (2006) e Gondim et al. (2006), avaliando diversos genótipos de mamoneira encontrou comprimento de cacho para CNPAM 2001-42, CNPAM 2001-48, CNPAM 2001-49, CNPAM 2001-50, CNPAM 2001-55, CNPAM 2001-57 em média com 14 cm e Epaba Ouro (T) com 22 cm os quais não diferiram estatisticamente entre si. A partir destas informações verificam-se que os valores encontrados para BRS ENERGIA foram bem acima dos determinados pelos autores e que um bom CC (2) pode ser fundamental na obtenção de resultados mais construtivos, permitindo atingir patamares significativos da produção total para este cultivar.

Analisando a população de plantas, verificam-se que os modelos matemáticos que melhor representam o comportamento das plantas foram à função linear para CC (1) e quadrática no CC (2). Os valores determinados no CC (1) são 36,12, 35,15, 33,69 e 31,55 cm, para as populações 27.777, 33.333, 41.666 e 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Verifica-se, portanto que o aumento da população de plantas afeta diretamente o crescimento do 1º cacho, atingindo percentuais de inferioridade na P4 de 12,65% em relação a P1 (Figura 18B). Estes resultados corroboram com os encontrados por FERREIRA et al. (2006), onde determinou que as mamoneiras respondem ao aumento da população, com a redução no número de ramos e cachos/planta.

Em relação ao CC (2) os resultados obtidos seguiram o mesmo comportamento da variável anterior, ou seja, com aumento da população de plantas, houve redução do CC (2). Calculando a equação que está disposta na Figura 18B, encontra-se os seguintes valores, 26,39, 22,63, 19,29 e 19,91 cm para P1, P2, P3 e P4 o que equivale respectivamente a 16,61, 36,80 e 32,54% de superioridade da menor população (P1) em relação às demais, respectivamente. Comparando CC (1) com CC (2) no fator população de plantas, os valores percentuais foram ainda maiores, encontrando 36,87, 55,32, 74,65 e 58,46% de superioridade para P1, P2, P3 e P4, dando a entender que o passar do tempo afeta ainda mais o crescimento do cacho.

Cabe salientar que na época da avaliação a planta encontrava-se em pleno desenvolvimento, inclusive com maior AF em todas as populações (Figura 14B), tendendo a estabilização do crescimento da planta, mas favorecendo ao enchimento de frutos e sementes. O que entende é que as maiores populações de plantas proporcionaram uma maior competição por água, luz e nutrientes, além de afetar outras plantas de seus respectivos tratamentos devido ao sombreamento nas plantas menores, permitindo obter resultados com menor CC (2).

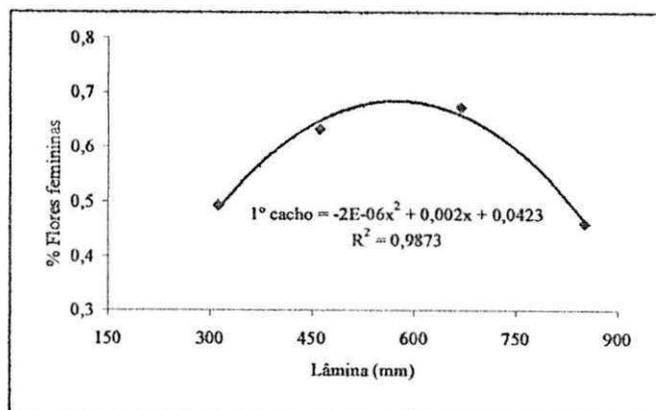


**Figura 18.** Comprimento do 1º e 2º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação (A) e da população de plantas (B) aos 60 e 80 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

Na avaliação para a variável %FF (1), os resultados estão expostos na Figura 19 obtidos por meio de uma regressão polinomial, pois foi a que melhor representou o comportamento das plantas. As medidas encontradas foram 0,53, 0,63, 0,61 e 0,46 nas lâminas, 311,74, 460,40, 668,53 e 850,54 mm, respectivamente, estes resultados foram determinados de acordo com descrito na metodologia.

Os valores indicam um comportamento semelhante com os estudos das variáveis antes realizadas, caracterizando uma tendência natural da planta também para esta variável que é de menor %FF (1) na primeira e última lâmina aplicada, implicando que o efeito de deficiência e excesso hídrico acaba afetando gradativamente todas as variáveis. Nas outras duas lâminas os resultados foram aproximadas o que não diferenciam estatisticamente.

A partir desta época as plantas tendiam a estabilização do seu crescimento, como verificado na AP, DC e AF, (Figura 12A, 13A e 14A) respectivamente. As paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia e de materiais destinados a floração e frutificação, que por sua vez originam-se no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais, na mobilização de reservas para formação e enchimento dos frutos (LARCHER, 2000).



**Figura 19.** Percentual de flores femininas do 1º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação aos 60 dias após geminação (DAG). Barbalha-CE, 2006

### 5.2.2 – Número de Cachos, Número de Internódios e Número de Frutos

Verifica-se no fator lâmina de irrigação (L) efeito significativo a nível de ( $p < 0,05$ ) na variável NC e significativo a ( $p < 0,01$ ) para o NFr (2), nestas variáveis a função quadrática foi a que melhor se ajustou (Tabela 17). Quanto ao fator população de plantas (P) foi verificado variação significativa em nível de ( $p < 0,05$ ) para as variáveis NC e NFr (1), e a função quadrática foi o modelo matemático que melhor representou o comportamento destas variáveis. Na interação dos fatores (L x P) não se encontrou efeitos significativos em todas as variáveis estudadas.

**Tabela 17.** Resumos das análises de variância referente às variáveis número de cachos (NC), número de entrenós (NNO) e números de frutos (NFr) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios			
		NC <sup>1</sup>	NNO	NFr <sup>1</sup> (1)	NFr <sup>1</sup> (2)
Blocos	3	0,2286	0,8103	0,2803	6,1146
Lâmina (L)	3	0,5072*	1,3855 <sup>ns</sup>	2,1501 <sup>ns</sup>	7,6802**
Resíduo 1	9	0,1202	0,8243	1,4285	0,9382
População (P)	3	0,4008*	0,5692 <sup>ns</sup>	6,6089*	5,9581 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	0,9584	1,1321	1,4010	4,1446
Interação L x P	9	0,1077 <sup>ns</sup>	1,8692 <sup>ns</sup>	1,5738 <sup>ns</sup>	0,7559 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	0,0614	1,1378	1,2324	1,9154
Total	63				
CV (1)%		18,86	7,49	19,40	19,55
CV (2)%		16,84	8,77	19,21	41,08
CV (3) %		13,48	8,79	18,02	27,93

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo;

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ ;

Os resultados para a variável NC foram transformados\* em  $\sqrt{x}$  e os valores obtidos foram 1,64 (2,64), 2,00 (3,87), 2,21 (4,16) e 2,10 (3,33) cachos para as lâminas 311,74, 460,40, 668,53 e 850,54 mm, respectivamente, “os valores entre parênteses referem-se aos valores absolutos das leituras”. Observa-se que a quantidade máxima de cachos encontrada foi 2,21\* justamente na L3, temos então que o desenvolvimento do NC seguiu a mesma tendência das outras variáveis de produção antes analisadas, com a L1 contabilizando menor quantidade de cachos, o qual foi inferior em 36,54% comparado a L3 em valores absolutos. Nas demais lâminas de água estes valores foram menos expressivos o que não variou estatisticamente (Figura 20A).

Lopes et al. (2006), analisando alguns genótipos de mamoneira verificou que o número médio de cachos por planta variou entre 4 para o genótipo G1 a 8 para os genótipos AL Guarany 2002, BRS Paraguaçu, V1, IAC 226 e T1 que não diferiram estatisticamente dos genótipos IAC 80, BRS Nordestina e Mirante, com média de 7 cachos por planta. Os genótipos Lyra e Savana apresentaram número de cachos por planta abaixo da média geral

É bastante importante entender que os resultados obtidos para esta variável são de extrema utilidade para a produtividade da cultura, pois a quantidade de cachos vai implicar diretamente no número de frutos e com isso determinar o potencial produtivo da cultivar de mamoneira.

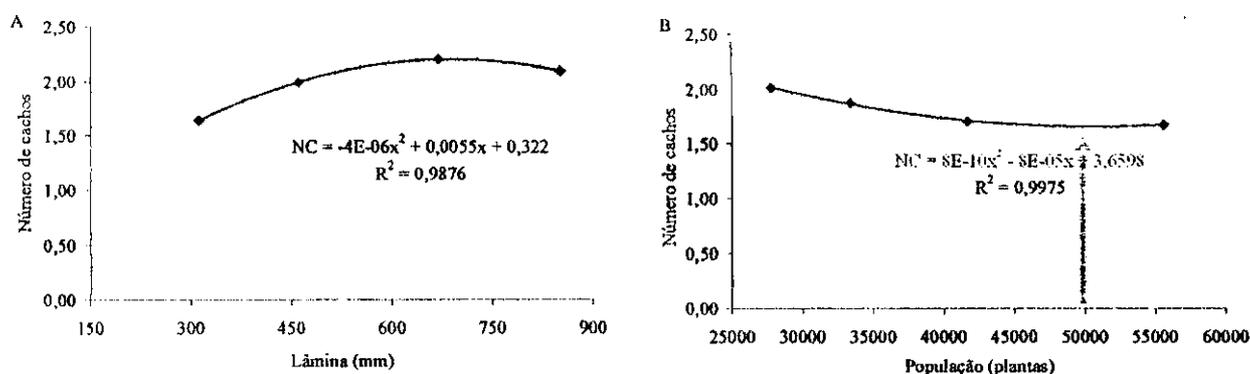
No fator população de plantas (P) para a variável NC as plantas do cultivar BRS ENERGIA comportaram-se de maneira diferenciada, os dados foram obtidos a partir da transformação em  $\sqrt{x}$ , o que possibilitou determinar os seguintes valores 2,02 (4,31), 1,88 (3,66), 1,71 (3,00) e 1,64 (3,04), respectivamente para as populações 27.777, 33.333, 41.666 e 55.555 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 20B). Verifica-se que o aumento da população de plantas afeta consideravelmente o NC da mamoneira. Em valores absolutos a P1 deteve maior leitura e encontra-se superior em 17,76% em relação a P2, 43,66% na P3 e 41,77% para a P4. De acordo com equação encontrada Figura 20B, o menor NC foi determinado na configuração de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Tem sido observado por alguns autores que o aumento na densidade populacional de plantas para a cultura da mamoneira implica em reduções no número de cachos por planta. Todavia, o estudo com estes genótipos de porte-baixo permite justamente esta variação, na tentativa de encontrar a melhor população de plantas dentro área, sem que ocorra a competição por seus elementos essenciais e possibilitando maior eficiência para suas atividades vitais.

Gondim et al. (2006), verificou numa população de 5.000 plantas com linhagens de porte-baixo de origem costarriquenha do banco de germoplasma da EMBRAPA-CNPA, plantas com

6,42 e 6,12 NC nas linhagens CSRN 393 e CSRD 2, respectivamente. Embora os resultados encontrados sejam superiores aos determinados na presente pesquisa, deve-se levar em consideração que aqui a população de plantas é mais de cinco vezes superior apenas na P1 (27.777 plantas ha<sup>-1</sup>) e chegando a pouco mais 11 vezes na P4 (55.555 plantas ha<sup>-1</sup>).

Elevadas populações de plantas na cultura da mamoneira tem sido adotado, por exemplo, em alguns híbridos e variedades anãs com mais 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, desde que se tenha o controle do fornecimento da água. Configurações de plantio de 0,70 a 1,0 m por 0,35 a 0,90 m são usadas com esse tipo de mamoneira. Em condição irrigada, os híbridos americanos podem ser cultivados no espaçamento de 0,70 m x 0,20 m, com mais de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> e alcançam 4.800 kg ha<sup>-1</sup> em colheita mecanizada nas condições do Texas/EUA (FERREIRA et al., 2006).



**Figura 20.** Número de cachos da mamona em função da lâmina de irrigação (A) e da população de plantas (B) aos 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

Os dados para a variável NFr (1) foram transformados em  $\sqrt{x}$  para o fator população de plantas (P), os valores encontrados foram os seguintes; 6,86 (47,81), 6,08 (43,95), 5,58 (30,45) e 5,42 (31,85) para as respectivas populações 27.777, 33.333, 41.666 e 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>. Os percentuais de redução determinados em relação a P1 e levando em consideração os valores absolutos calculados foram, 8,07, 36,31 e 33,38% em P2, P3 e P4, respectivamente (Figura 21A).

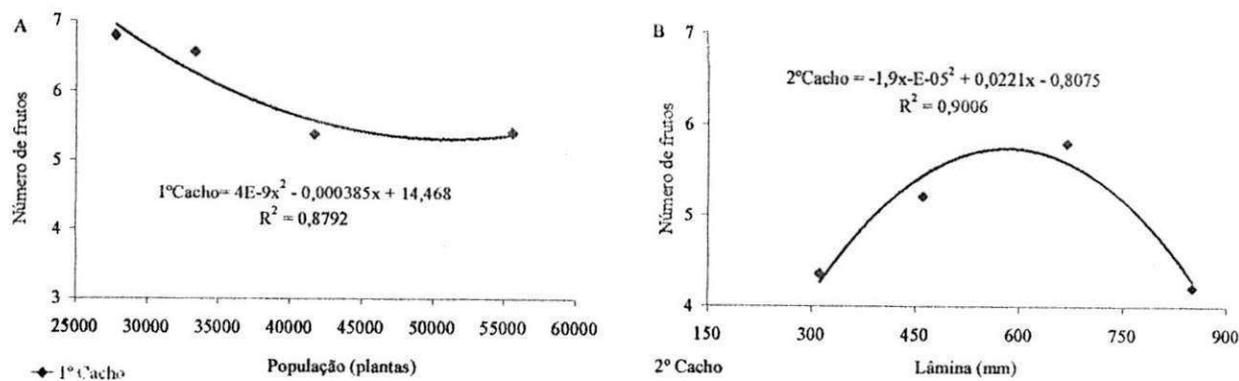
Analisando o desenvolvimento deste cultivar de mamoneira verifica-se que o comportamento do NFr (1) é uma continuidade dos efeitos que foram identificados anteriormente, ou seja, da mesma forma ocorreram reduções percentuais no CC (1), CC (2) e NC quando foi aumentado a população de plantas. Conseqüentemente a variável CC (1) está relacionada diretamente com NFr (1), considerando que a diminuição do comprimento do cacho induz a uma menor quantidade de frutos neste.

Fazendo-se uma relação entre os resultados obtidos entre o Experimento II com o Experimento I onde não se verificou efeito significativo com o aumento da população de plantas, embora tenha havido redução no NFr na P4 daquele experimento quando comparado a P1, há evidências que em populações maiores diminui o número de frutos. Um dos principais motivos que levam a estas reduções nesta variável é se as plantas estiverem muito próximas uma das outras e a folhagem se sobrepuser em grande extensão, a luz, onde na maioria dos lugares sombreados, não seria mais suficiente para manter positivo o balanço de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, o rendimento da cultura seria reduzido (LARCHER, 1986).

Já na variável NFr (2) os efeitos foram verificados para o fator lâmina de irrigação (L), os resultados também foram transformados em  $\sqrt{x}$  e seguem na Figura 21B. A L3 deteve maior NFr (2), com 47,81 frutos, seguidos por L2 com 29,16 e L1 e L4 muito próximos contabilizando 21,54 e 21,43 frutos de mamonas, respectivamente. Comparando com o Experimento I temos que naquela ocasião não foi realizada a leitura para o 2° cacho, porém houve efeito da lâmina de irrigação (L) no NFr (1) onde foi determinado 57,39 frutos na L3 (479,75 mm) que em relação ao Experimento II no NFr (2) é quase o dobro do encontrado na L2 (460,40 mm) que foi 29,16 frutos.

São raros os estudos direcionados para as variáveis do 2° cacho, porém podemos encontrar na literatura algumas referências para o 1° cacho como os trabalhos de Rodrigues (2008), estudando os cultivares de porte médio BRS Nordestina e BRS Paraguaçu que produziram, em média, 78 e 75 frutos, respectivamente. O referido autor também observou que até mesmo aqueles tratamentos que receberam maiores volumes de água (120 % ETc), produziram poucos frutos em média. Barros Júnior (2007), verificou pouco mais de 61 e 67 frutos/planta para as mesmas cultivares e destacou que a mamoneira não produz quando a disponibilidade hídrica no solo atinge valores baixos, como 40% AD; diferentemente de quando irrigada com 100% AD. Vale ressaltar que embora no presente estudo não retrate a questão de disponibilidade de água no solo, mas o efeito causado por uma lâmina de irrigação com menor e maior intensidade conduz a efeitos semelhantes nas plantas de mamoneira.

Além do mais, fica claro que a mamoneira não responde bem na produção se for conduzidas em condições de déficit ou excesso hídrico, principalmente quando este efeito é contínuo, pois seus reflexos são agravados, tornando-se evidentes quando atinge o estágio de produção, reduzindo variáveis como comprimento de cacho e número de frutos.



**Figura 21.** Números de frutos do 1º cacho da mamona em função da população de plantas (A) e do 2º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação (B). Barbalha-CE, 2006

Para Melo et al. (2006), conduzindo um trabalho com nove genótipo de mamoneira, sendo duas variedades em condições de campo no município de Teresina-PI com precipitação de 429,00 mm, verificou em média 60,14 de frutos, com a maiores leituras de 77,3, 64,6 e 71,2 de frutos, realizadas no genótipo Pernambucana SM e cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, respectivamente. Já nos genótipos de porte baixo CSRN 393 e CSRD 2 foi determinado os seguintes número de cápsulas (64,16 e 44,32, respectivamente), além de precocidade de produção, onde mais de 33 % da produção foi colhida aos 120 dias após plantio (GONDIM et al., 2006).

### 5.2.3 – Peso dos Frutos e das Sementes

Apenas há efeito significativo no fator lâmina de irrigação a 5% de probabilidade na variável PS (1). Não foi encontrada variação significativa em nenhuma das variáveis para o fator população de plantas (P), bem como na interação dos fatores (L x P) (Tabela 18).

Os resultados encontrados para as variáveis PFr (1) e PFr (2) seguiram a mesma tendência do Experimento I e não diferiram estatisticamente, implicando que as variações das lâmina de irrigação e das populações de plantas aplicadas não foram suficientes para que algum dos tratamentos se sobressaíssem em relação aos demais.

**Tabela 18.** Resumos das análises de variância referente às variáveis peso dos frutos (PFr) e peso das sementes (PS) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

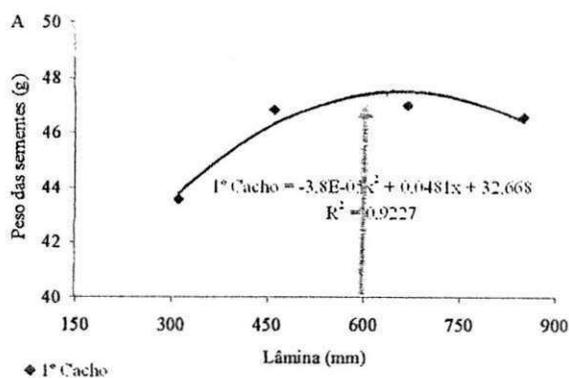
Causas de Variância	GL	Quadrados Médios			
		PFr (1)	PFr (2)	PS (1)	PS (2)
Blocos	3	22,2033	69,2501	6,3004	33,4038
Lâmina (L)	3	57,7075 <sup>ns</sup>	52,7656 <sup>ns</sup>	55,8696*	38,2247 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	43,3617	49,3881	12,5194	36,7102
População (P)	3	27,5588 <sup>ns</sup>	20,7577 <sup>ns</sup>	24,8580 <sup>ns</sup>	16,0150 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	25,3382	76,4316	14,0731	27,6814
Interação L x P	9	19,4555 <sup>ns</sup>	18,8276 <sup>ns</sup>	15,3973 <sup>ns</sup>	28,1296 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	23,9731	33,1099	22,9308	36,7588
Total	63				
CV (1)%		10,53	11,23	7,65	13,83
CV (2)%		8,05	13,97	8,11	12,01
CV (3) %		7,83	9,19	10,35	13,84

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Os valores para a variável peso de sementes (PS) para o 1º cacho, foram estimados a partir da regressão polinomial (Figura 22). Verificou-se que a L1 obteve o menor PS (1) 43,96 g, inferior 6,54% em relação a L3 cuja avaliação foi de 47,04 g, muito próximo de L2 e L4. O peso máximo determinado foi de 47,15 g com uma lâmina de irrigação de 601,25 mm, este resultado não é muito interessante de se utilizar, pois na L2 se consegue valor muito aproximado para o PS (1) com diminuição significativa da aplicação de lâmina de água.

Na literatura podem-se citar POLETINE et al. (2006), que determinou para as variedades Al Guarany 43,0 g e IAC Guarani 44,0 g e MILANI et al. (2006) para os genótipos de porte baixo CSRN 379 e CSRN 393, com 37,1 e 34,6g, respectivamente. Estes últimos dados se aproximam mais dos resultados aqui encontrados, devido à própria estrutura genotípica da planta que é de porte baixo.

Considerando o efeito sobre a deficiência hídrica, é importante informar que a diminuição da disponibilidade de água para a mamoneira afeta o PS (1), estes dados corroboram com os observados por BARROS JÚNIOR (2007), que no cultivar BRS Nordestina, com o tratamento de 100% AD em relação ao tratamento imediatamente abaixo (80% AD) superou em 23,1 g (queda de 36,6%); já na BRS Paraguaçu esta diferença foi menos acentuada, registrando-se entre estes mesmos tratamentos uma redução de 10,6 g (queda de 15,8%).



**Figura 22.** Peso das sementes do 1º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2006

Comparando os resultados do Experimento II na L2 (460,40 mm) e L3 (668,53 mm) que são respectivamente 4,00 e 4,29 g superiores ao encontrado na L3 (479,75 mm) do Experimento I, evidencia a tentativa de se trabalhar para o cv. BRS ENERGIA com uma lâmina aproximada de 500 mm.

#### 5.2.4 – Percentual de Casca e Teor de Óleo

Na Tabela 19 estão dispostos os resumos das análises de variância para as variáveis percentual de casca do 1º e 2º cacho %C (1) e %C (2) e teor de óleo do 1º e 2º cacho TO (1) e TO (2) da mamona cultivar BRS ENERGIA. Através dessas informações verifica-se apenas efeito significativo no fator lâmina de irrigação (L) a 1% de probabilidade na variável %C (1) e a 5% de probabilidade na variável %C (2). Estas variáveis foram submetidas à regressão polinomial e o modelo matemático quadrático é o que melhor representa o comportamento das mesmas. Não foi encontrada variação significativa em nenhuma das variáveis para o fator população de plantas (P), bem como na interação dos fatores (L x P).

**Tabela 19.** Resumos das análises de variância referente às variáveis percentual de casca %(C) e teor de óleo (TO) do 1º e 2º cacho da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios			
		%C (1)	%C (2)	TO (1)	TO (2)
Blocos	3	7,7637	66,7773	11,3894	24,5889
Lâmina (L)	3	66,0195**	61,8877*	7,2676 <sup>ns</sup>	12,4546 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	7,8429	11,5818	9,6492	11,1802
População (P)	3	16,3851 <sup>ns</sup>	6,8869 <sup>ns</sup>	20,4626 <sup>ns</sup>	15,7034 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	9	9,9022	26,6078	8,1259	6,6081
Interação L x P	9	7,9472 <sup>ns</sup>	48,4095 <sup>ns</sup>	5,9588 <sup>ns</sup>	34,0449 <sup>ns</sup>
Resíduo 3	27	4,7359	29,7518	15,2315	36,9330
Total	63				
CV (1)%		10,56	11,45	6,07	7,49
CV (2)%		11,86	17,36	5,57	5,76
CV (3)%		8,20	18,36	7,63	13,61

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

Para a variável %C (1) foram determinadas seqüencialmente os seguintes valores 29,31, 26,48, 24,68 e 25,24% de casca em relação ao peso total do fruto do 1º cacho para L1, L2, L3 e L4. A partir destes resultados identifica-se a L1 com os maiores percentuais, superiores a L2, L3 e L4 em 10,68, 18,76 e 16,12%, respectivamente. O menor %C foi encontrado na lâmina de 708,33 mm com 24,63% de casca Figura 23.

Os resultados para %C (1) seguiram as tendências principalmente do %FF (1) e PS (1), pois no %FF (1) foram formados os frutos e no PS (1) têm-se os valores para as sementes, ou seja, os principais componentes de produção para determinar o %C (1). Por esta relação direta do %C (1) com estas duas variáveis acima citadas, observa-se que assim como elas, no %C (1) a L3 foi a que determinou melhor resposta, no caso, menor produção de casca.

Com bases nestas respostas verifica-se que na menor lâmina de irrigação encontra-se o maior %C (1) e à medida que se aumenta a lâmina de irrigação, tem-se uma diminuição moderada desta variável. Este fato está relacionado com as seguintes condições; como no PFr (1) não houve efeito de variação entre as lâminas, então as plantas não diferenciaram entre si, enquanto que o aumento na disponibilidade de água na variável PS (1) favorece a um maior enchimento das sementes, com isso a proporção entre PS (1) e PFr (1) foi reduzida, permitindo um menor %C (1) nas lâminas de água relativamente mais elevadas.

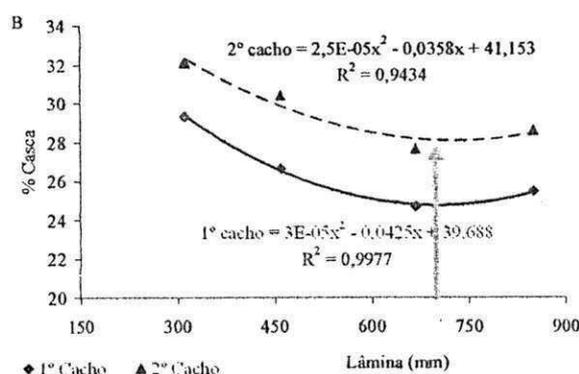
Como sempre vem sendo advertido neste estudo, deve ser observada a importância da economia de água para a cultura da mamoneira, pois assim como aconteceu em outras variáveis,

nesta pode ser conseguido resultados consideráveis de %C quando se aplica uma menor lâmina de irrigação.

O comportamento da variável %C (2) encontra-se representada na Figura 23, a qual permitiu os seguintes resultados 32,42, 29,96, 28,39 e 28,76% do percentual de casca do 2º cacho, nas lâminas 311,74, 460,40, 668,53 e 850,54 mm, respectivamente. Verifica-se que os resultados para as L2, L3 e L4 foram em média 10,0% abaixo do encontrado na L1. Por meio da equação abaixo, o valor calculado para o menor %C (2) foi de 28,33% sendo necessária à aplicação de 716,00 mm, tal resultado para o %C (2) é muito próximo do encontrado na L3 e não muito distante da L2, o que não é sugerido.

Observa-se com o aumento da lâmina de irrigação que ocorre uma redução para o %C (2), semelhante ao observado no %C (1), favorecendo numa maior aplicação de lâmina de irrigação a partir do surgimento do 2º cacho, na tentativa de obter melhores rendimentos nas sementes, já que ocorre redução no percentual de casca. O que parece ser compreensível é que nas lâminas maiores, implica em quantidades de águas suficientes para as realizações das atividades essenciais ao desenvolvimento da planta, conseqüentemente verifica-se um maior enchimento das sementes, levando a uma ligeira redução do percentual da casca.

Porém é relevante entender que as lâminas de irrigação muito elevadas, não diferenciam em grandes valores para o %C (2), logo é de bom senso se chegar a um valor que permita um bom desempenho, ou seja, baixa produção de casca sem muitos custos com a lâmina de irrigação.



**Figura 23.** Percentual de casca do 1º e 2º cacho da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2006

Através dos resumos das análises de variância para as variáveis TO (1) e TO (2), não foi verificado nenhum efeito significativo nos fatores estudados, o que permite inferir que as plantas da mamoneira BRS ENERGIA se comportaram de maneira semelhante nas diferentes lâminas de irrigação e populações de plantas. Devido à importância desta variável, segue algumas informações dos resultados aqui determinados.

Verifica-se que o fator lâmina de irrigação para TO (1) e o TO (2) tiveram em média avaliações de 51,17 e 44,65%, respectivamente (Tabela 20), sendo em média o mesmo valor determinado pela EMBRAPA (2007). Outros estudos como os resultados obtidos por BARROS JÚNIOR (2007), também não detectou diferença significativa entre as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Nordestina, enquanto que os teores médios de óleo nas sementes das plantas daqueles cultivares foram de 47,83 % para o 1º cacho e 47,16 % para o 2º cacho sem estresse hídrico, o que permitiu ser classificado como médio por NÓBREGA et al, (2001) e dentro da faixa de 45 a 49 % previstos por AZEVEDO et al. (1997b).

Por outro lado, Rodrigues (2008) verificou que houve diferença significativa entre os dois cultivares estudados, em que a BRS Nordestina (54,18 % de óleo) foi significativamente maior que a BRS Paraguaçu (49,92 % de óleo). O referido autor ressalta que as plantas irrigadas com as maiores lâminas de reposição produziram maior biomassa de bagas, o que permite afirmar que tais plantas também produziram maior quantidade de óleo. As elevadas concentrações verificadas notadamente no cultivar BRS Nordestina, podem ser atribuídas ao aporte de nutrientes da água residuária, um dos efeitos de seu estudo.

Em relação à população de plantas os resultados encontrados foram 51,11, 51,92, 52,06 e 49,59 % para o TO (1) e 44,88, 43,58, 44,24 e 45,91%, para o TO (2) nas populações 27.777, 33.333, 41.666 e 55.555 (plantas ha<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabela 20). Estes valores são acima dos determinados por Moraes et al. (2006) que trabalhando com o cultivar BRS Nordestina em diferentes espaçamento entre linhas de plantas (1,5, 2,0, 2,5, 3,0 e 3,5 m) não identificou diferença significativa, muito embora verificou ligeiro aumento no teor de óleo quando foi diminuído a população de plantas em média 44,6 %.

**Tabela 20.** Médias do teor de óleo para o 1º e 2º cacho da mamona, irrigadas com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

Médias			
T.O. (1)		T.O. (2)	
Lâminas (L) (mm)			
L1 = 311,74	51,8925	L1 = 311,74	45,4706
L2 = 460,40	51,2987	L2 = 460,40	44,0993
L3 = 668,53	51,2418	L3 = 668,53	43,7118
L4 = 850,54	50,2650	L4 = 850,54	45,3418
Populações (plantas ha <sup>-1</sup> )			
P1 = 27.777	51,1162	P1 = 27.777	44,8856
P2 = 33.333	51,9243	P2 = 33.333	43,5837
P3 = 41.666	52,0600	P3 = 41.666	44,2443
P4 = 55.555	49,5975	P4 = 55.555	45,9100

### 5.2.5 – Peso dos Frutos na Parcela e Total

Verificam-se efeitos significativos apenas no fator lâmina de irrigação (L), sendo a 1% de probabilidade para o PFP (1) e PFP (2) e a 5% de probabilidade para o PFT (Tabela 21). As variáveis foram submetidas à regressão polinomial e o modelo matemático que melhor representou o comportamento das variáveis em campo foi a função quadrática. Não foram verificados efeitos significativos em nenhuma das variáveis para o fator população de plantas (P) e de maneira semelhante com a interação dos fatores (lâmina de irrigação x população de plantas).

Foram observados coeficientes de variação elevados para produtividade, porém em genótipos de porte baixo e médio, coeficientes de variação entre 20 e 30% têm sido comuns (CHITARRA et al., 2004), (FONSECA JÚNIOR & MILANI, 2006) e (MILANI et al., 2006).

**Tabela 21.** Resumo da análise de variância referente às variáveis peso dos frutos na parcela (PFP) do 1º e 2º cacho, peso restante (P.RESTANTE) e peso dos frutos totais (PFT) da mamona irrigada com diferentes lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

Causa de Variância	de	GL	Quadrados Médios			
			PFP (1)	PFP (2)	P.RESTANTE	PFT
Blocos		3	604284,8509	219055,0359	824335,3075	2564817,9173
Lâmina (L)		3	659856,5744**	216877,9261**	210217,0431 <sup>ns</sup>	1896190,1803*
Resíduo 1		9	46103,3711	13729,5933	135850,0630	319802,5981
População (P)		3	41889,9973 <sup>ns</sup>	63134,5344 <sup>ns</sup>	26755,7284 <sup>ns</sup>	107038,5848 <sup>ns</sup>
Resíduo 2		9	42117,0751	68333,5575	102559,8885	370487,0389
Interação L x P		9	32214,4473 <sup>ns</sup>	41222,6051 <sup>ns</sup>	77343,1955 <sup>ns</sup>	253627,4578 <sup>ns</sup>
Resíduo 3		27	52541,8276	40749,4624	122059,1723	437139,1945
Total		63				
CV (1)%			20,17	22,39	49,01	24,17
CV (2)%			19,28	49,95	42,58	26,01
CV (3) %			21,54	38,57	46,45	28,26

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo

No PFP (1) foram obtidos os seguintes valores 863,86, 1.218,48, 1.306,54 e 992,99 kg ha<sup>-1</sup> de frutos para as lâminas 311,74, 460,40, 668,53 e 850,54 mm, cujas inferioridade em relação a L3 foram 51,24, 7,23 e 31,57% respectivamente (Figura 24). Verifica-se que a menor e a maior lâmina detiveram menor produtividade e seguiram as tendências das variáveis anteriormente analisadas CC (1), %FF (1) e PS (1).

Notadamente o efeito do déficit de água foi mais agressivo, Kudrev (1994) considera que a água exerce influência em diversos processos como; assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração, expansão foliar e partição de fotoassimilados para os diversos órgãos das plantas. A redução na quantidade de água disponível às plantas leva à aceleração da respiração, ao aumento da atividade das enzimas hidrolíticas e à redução na atividade fotossintética que de maneira contínua afeta a produção.

A produção máxima estimada para o PFP (1) foi de 1.330,21 kg ha<sup>-1</sup> sendo necessário uma lâmina de 602,92 mm. Porém, quando comparado a L2, onde sua produtividade é inferior (9,17%) em relação à produtividade máxima, deve ser considerada a importância com a economia da água, cerca de (140 mm) a menos. Os valores determinados na L2 (460,40 mm) são próximos aos resultados obtidos no Experimento I que foi de 1.316,19 kg ha<sup>-1</sup> de frutos na L3 (479,75 mm). Levando em conta o rendimento das sementes e se descartarmos 26% de casca, valores médios obtidos no %C (1), estes resultados são superiores aos encontrados por ALBUQUERQUE et al.

(2006), que utilizando genótipos de porte baixo cultivados no semi-árido alagoano, obteve para a CSRN-393 901,69 kg ha<sup>-1</sup> e para a CSRD-2 792,51 kg ha<sup>-1</sup> de sementes.

Analisando a variável PFP (2), verifica-se, de modo geral, que as leituras de todas as lâminas foram; 365,07, 559,34, 653,12 e 564,71 kg ha<sup>-1</sup> de frutos em L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Novamente os efeitos foram mais acentuados na L1 com quase 2,4 vezes de redução da produtividade em relação PFP (1), o que implica que o aumento DAG pode comprometer ainda mais a menor lâmina.

Enquanto, que sobre a L4 o efeito foi diminuindo chegando a aproximadamente 75,84%, reforçando o que já foi comentado neste estudo que a mamoneira requer maior lâmina de irrigação para as variáveis do 2º cacho. Nas L2 e L3 as reduções da produtividade ficaram em 117,84 e 100,0% respectivamente.

Assim como observado no PFP (1) a L3 (668,53 mm) contabilizou maior leitura e sua produtividade foi aproximada à encontrada na L4 (679,75 mm) do Experimento I (661,57 kg ha<sup>-1</sup>). Esta tendência da mamoneira de necessitar de maior lâmina a partir da formação do 2º cacho, também sido observado em algumas culturas na fase de frutificação, pois os assimilados se destinam, essencialmente, para os frutos em formação que são os principais drenos da planta e a disponibilidade de água é o principal mecanismo de condução dos nutrientes que são indispensáveis para ao seu enchimento.

Os resultados calculados para a variável PFT foram os seguintes 1.879,59, 2.437,35, 2.678,38 e 2.372,92 kg ha<sup>-1</sup> de frutos, seqüencialmente nas lâminas 311,74, 460,40, 668,53 e 850,54 mm (Figura 24). A partir destes resultados confirmam-se as respostas obtidas durante todo o estudo que a deficiência de água no início do crescimento (20 DAG) até a maturação dos frutos, leva a perda consideráveis na produção da mamoneira para o cultivar BRS ENERGIA, onde os valores percentuais na L1 foram 42,49% inferiores em relação a L3.

Tais informações estão de acordo com Hsiao & Bradford (1983) ao afirmarem que as mudanças provocadas pelo estresse hídrico dependem da severidade e duração do mesmo. A resposta das plantas é o resultado de uma complexa interação de vários processos fisiológicos que podem ser afetados de modo diferente em função do déficit de água na planta (VAUX & PRUITT, 1983).

Enquanto isso, na L4 verifica-se recuperação da produtividade decorrente da produção PFP (2) e P.RESTANTE, seus decréscimos que foram 31,57% no PFP (1) diminuíram para

15,65% no PFP (2) e atingiram um bom resultado no P.RESTANTE com 896,52 kg ha<sup>-1</sup> de frutos, superior aos 678,32 kg ha<sup>-1</sup> em relação a L3, porém o PFT ainda foi 12,87% abaixo. Estes resultados na L4 implicam numa melhoria de 26,24% quando comparado a L1, induzindo a uma melhor atenção na aplicação de água para as variáveis de produção do 2º cacho.

Tais respostas levam a entender que quando o aporte de água disponível é adequado e atende perfeitamente as necessidades hídricas do cultivo e os outros fatores de produção não são limitantes, o rendimento é máximo. Quando a água disponível é limitada, o rendimento é determinado pela umidade disponível para atender a demanda da cultura, durante todo o ciclo (BERNARDO, 1995).

Quanto aos resultados da L2, verifica-se aproximação em relação a L3 em todas as variáveis de produtividade, chegando a 9,88% de redução na PFT, todavia o que vem sendo exposto nos dois experimentos é a importância sobre a economia de água, pois quando comparado entre as duas lâminas L2 (460,40 mm) e L3 (668,53 mm), verifica-se uma diminuição de aproximadamente 208 mm, que em se tratando da Região Nordeste, este primeiro valor se enquadra dentro da pluviometria de várias Mesoregiões.

Comparando as seguintes lâminas L1 (294,22 mm), L3 (479,75 mm) e L4 (679,75 mm) do Experimento I com L1 (311,74 mm), L2 (460,40 mm) e L3 (668,53 mm) do Experimento II, considerando a relativa aproximação das lâminas de irrigação, verifica-se uma superioridade na produtividade neste último experimento de 60,57, 25,80 e 74,12%, respectivamente. Destacando-se a menor diferença percentual entre L3 (479,75 mm) do Experimento I com L2 (460,40 mm) do Experimento II, o que podemos inferir que estes valores sejam trabalhados como lâminas de referência para o cultivar BRS ENERGIA.

Considerando a média do percentual de casca nos dois cachos, tendo sido calculado em aproximadamente 28% e eliminando das produções obtidas em L2 (2.437,35 kg ha<sup>-1</sup>) e L3 (2.678,38 kg ha<sup>-1</sup>) de frutos, tem-se um rendimento de sementes de mamona para L2 de (1.754,89 kg ha<sup>-1</sup>) e L3 (1.928,43 kg ha<sup>-1</sup>).

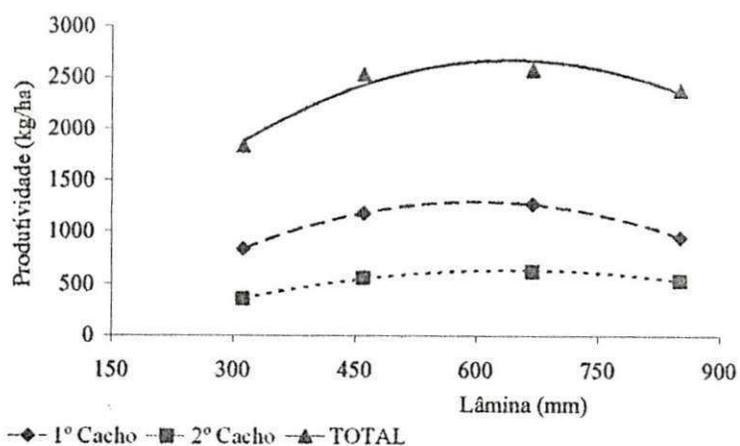
Estes valores são superiores aos obtidos Lopes et al. (2006) nas cultivares de porte médio BRS Nordestina 1.448,00 kg ha<sup>-1</sup> e BRS Paraguacu 1.105,00 kg ha<sup>-1</sup>; Milani et al. (2006), com genótipos de porte baixo CSRN 379 1.379,10 kg ha<sup>-1</sup> e CSRN 393 1.614,60 kg ha<sup>-1</sup>; Silva et al., (2006) CSRN 379 841,40 kg ha<sup>-1</sup> e CSRN 393 665,30 kg ha<sup>-1</sup> e CSRN 142 1.076,70 kg ha<sup>-1</sup> e muito aproximados dos resultados obtidos por Gondim et al. (2006), que aplicando 585,70 mm de

lâmina de irrigação somados com uma precipitação no final do experimento 236,60 mm, obteve produtividade para a CSRN 142 de 2.016,95 kg ha<sup>-1</sup>.

Produtividades maiores foram obtidas por outros autores como conseguidos em pivô central no município baiano de Santana, com as variedades BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, 5.400,00 kg ha<sup>-1</sup> (CARVALHO, 2005). Gondim et al. (2004), em genótipos de porte baixo irrigados por aspersão em Barbalha-CE, obtiveram produtividade de 3.494,0 kg ha<sup>-1</sup> na CSRN 142, além de Milani et al. (2006) que na região de Irecê-BA, conseguiu produtividade de 3.575,10 kg ha<sup>-1</sup> no genótipo CNPAM 2001-50.

No fator população de plantas (P) não foi identificado efeito significativo para a variável PFT, ou seja, a produtividade da mamoneira BRS ENERGIA foi semelhante quando submetidas às variações de populações de plantas. De forma similar ocorreu para o PFT do Experimento I, embora tenha havido efeito no PFP (2) daquele experimento, onde a maior produtividade ocorreu na população de 35.460 plantas ha<sup>-1</sup>.

No presente experimento os valores foram os seguintes 2.282,74, 2.429,59, 2.259,29 e 2.387,43 kg ha<sup>-1</sup> de frutos em 27.777, 33.333, 41.666 e 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>. Estes valores são bem acima do encontrado por Poletine et al. (2006), na população de 10.000 plantas de materiais comerciais do Estado de São Paulo, cujas variedades são Al Guarany 1.432,20 kg ha<sup>-1</sup> e IAC Guarani 1.034,80 kg ha<sup>-1</sup>; aproximados aos resultados de Drumond et al. (2006) que obteve produtividade de 2.332,00, 2.024,00 e 1.973,00 kg ha<sup>-1</sup> para CNPAM 2001-2, BRS Paraguaçu e BRS Nordestina, respectivamente, na população de 5.000 plantas ha<sup>-1</sup>, na região de Juazeiro/Petrolina e Milani et al. (2006), que destacam-se os genótipos CNPAM 2001-49, CNPAM 2001-50 e CNPAM 2001-57, com médias de produtividade acima de 3.100 kg ha<sup>-1</sup> em espaçamento de 1m x 1m.



$$1^{\circ}\text{cacho} = -0,00550x^2 + 6,6322x - 669,1560 \quad R^2 = 0,9996$$

$$2^{\circ}\text{cacho} = -0,00240x^2 + 3,1600x - 386,7925 \quad R^2 = 0,9949$$

$$\text{Total} = -0,00727x^2 + 9,3654x - 333,4674 \quad R^2 = 0,9428$$

**Figura 24.** Produtividade do 1º e 2º cacho e total da mamona em função da lâmina de irrigação. Barbalha-CE, 2006

## 5. CONCLUSÕES

- 1- Nas variáveis altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, taxa de crescimento absoluto e relativo, índice de área foliar e produtividade, a lâmina de irrigação 668,53 mm sobressaiu em relação às demais. Sendo superior a lâmina de 460,40 mm, em 8%;
- 2- A população de 27.777 plantas ha<sup>-1</sup> (0,60 m x 0,60 m) destacou-se como melhor resultado para as variáveis: altura de planta, diâmetro do caule e área foliar, número de cachos, número de frutos e tendo como produtividade média de 2.282,74 kg ha<sup>-1</sup> para o cv. BRS ENERGIA;
- 3- Para a Microrregião do Cariri Cearense, pode ser recomendada uma lâmina de irrigação de aproximadamente 460,40 mm e população de 27.777 plantas ha<sup>-1</sup> para a mamoneira cv. BRS ENERGIA;

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALBUQUERQUE, M. M. de; COSTA, J. G. da; MILANI, M.; OLIVEIRA, F. F. de; Novas linhagens de mamona avaliadas no semi-árido alagoano. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracajú-SE. **Anais...**, CD-ROM. 2006.

ALGOZIN, K. A.; BRALTS, V. F.; RITCHIE, J. T. Irrigation strategy selection based on crop yield, water, and energy use relationships: A Michigan example. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.2, p.428-31. 1988.

AMORIM, J. R. A.; **Comportamento do alho (*Allium sativum* L.) sob duas formas de aplicação e diferentes níveis de salinidade na água de irrigação.** Campina Grande: DEAg/CCT/UFPB, 1994. 97p. (Dissertação de Mestrado).

AMORIM NETO, M. DA S.; ARAÚJO, A. E. DE; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (ed.) **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 3, p. 63-76.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Manejo de água em agricultura irrigada.** Teresina: EMBRAPA/UEPAC, 1992. 37p. (Circular Técnica, 10).

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; GOMES, A. A. N.; SILVA, C. O. Análise frequencial de elementos climáticos para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação na região de Teresina, PI. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. São Pedro-SP. **Anais...** CD-ROM. 2004.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** 2. ed. Campina Grande: UFPB. 1999, 218p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. **Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997a. 21p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 34).

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, J. J.; VIEIRA, R. de M.; MOREIRA, J. de A. N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997b. 52p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 25).

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; SANTOS, J. W. dos; BATISTA, F. A. S.; NOBREGA, L. B. da; VIEIRA, D. J.; PEREIRA, J. R. População de plantas no consórcio mamoneira/caupi. I. Produção e componentes da produção. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.3, n.1, p.13-20, 1999.

AZEVEDO, D. M. P. de; NÓBREGA, L. B.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. DE; LIMA, E. F. (ed.) **O agronegócio da mamona no Brasil.** Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 121-160.

AZEVEDO, H. J. **Influência de elementos climáticos no desempenho de sistemas de irrigação por aspersão na região Norte Fluminense**. Viçosa-MG. UFV. 1998. 145p. (Tese de Doutorado).

BARRETO, A. N. Quantificação de água necessária para a mamoneira irrigada com base nas constantes hídricas do solo. In: I Congresso Brasileiro da Mamona. Campina Grande-PB. **Anais...**, CD-ROM. 2004.

BARRETO, A. N.; BELTRÃO, N. E de M.; BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S. e; **Configuração de plantio na cultura do algodoeiro herbáceo irrigado por sulcos**. Campina Grande-PB. Embrapa-CNPAA, nº 18, 1994. 7p.

BARRETO, A. N.; NOGUEIRA, L. C.; CAMPOS, G. M. **Irrigação por bacias em nível da cultura de bananeira**. Parnaíba-PI: Embrapa-CNPAAI, 1992. 33p. (Embrapa CNPAAI. Circular Técnica, 4).

BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. da; BOLFE, E. L.; **Irrigação e Drenagem na Empresa Agrícola – impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracaju – SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2004. 418p.; il. Color.

BARROS JUNIOR, 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. 180 fl.: il. (Tese de Doutorado).

BARROS JUNIOR, G.; GUERRA, H. O. C.; LACERDA, R. D.; CAVALCANTI, M. L. F. BARROS, A. D.; **Efeito do estresse hídrico sobre a emissão de inflorescências em duas cultivares de mamoneira**. In: I Congresso Brasileiro da Mamona. Campina Grande-PB. **Anais...**, CD-ROM. 2004.

BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Comunicado Técnico Nº 146 – EMBRAPA Algodão – Campina Grande, Janeiro de 2003 (a). 4p. il.

BELTRÃO, N. E. de M. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordestina na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande: Embrapa Algodão, v. 7, n. 1, p. 659-664. 2003 (b).

BELTRÃO, N. E. de M. **Ecofisiologia da mamoneira (*Ricinus communis* L.)** Boletim Técnico – EMBRAPA Algodão – Campina Grande, 2006. 7p. il.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R. de P.; SOARES, J. J.; SILVA, O. R. R. F. **O cultivo sustentável da mamona no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: 2006. 62p. (EMBRAPA ALGODÃO. Cartilha, 1).

BELTRÃO, N. E. de M.; MELO, F. B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona: Árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi-árido brasileiro**. Campina Grande, PB: MAPA, 19 p, 2003.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. DE LIMA, E. F (ed). **O agronegócio da**

- mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 2, p. 37-59, 2001.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas.** Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41p.
- BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** cap.2. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.25-32.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6. ed. Viçosa: Imprensa Univ., 1995. 656p.
- BEZERRA, J. R. C.; AMORIM NETO, M. S.; LUZ, M. J. S.; BARRETO, A. N.; SILVA, L. C. Irrigação do algodoeiro herbáceo. In: BELTRÃO, N. E. de M. (ed). **O agronegócio do algodão no Brasil.** v.2. Brasília: EMBRAPA, Informação Tecnologia, 1999. p.617-682.
- BIODIESELBR.COM; **Aspectos Econômicos do Biodiesel.** Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/economia/biodiesel-aspectos-economicos.htm>. Acesso em: 25 jan 2008.
- CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C.; TORRES, A. C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, v.1, n.1, p. 1-7, 1989 (a).
- 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, 1989 (b).
- CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR A. S. de; PARENTE, H. N. Densidade de plantas e rendimentos de grãos de milho irrigado. In: XIII CONIRD. Juazeiro-BA. **Anais...**, CD-ROM. 2003.
- CARVALHO, B. C. L.: **Manual do cultivo da mamona.** Salvador. EBDA, 2005. 65p. il.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. DE; LIMA, E. F (ed). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. v, p.89-120.
- CHITARRA, L. G.; MENDES, M. C.; ALMEIDA, V. M.; SILVA, J. S.; MACHADO, F. T.; VIEIRA NETO, J. R.; BONFANTI, J. Competição de cultivares de mamona em Mato Grosso. In: I Congresso Brasileiro da Mamona. Campina Grande-PB. **Anais...**, CD-ROM. 2004.
- CIA, E. , Densidade de plantio associada ao uso de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro. **Bragantia**, São Paulo. v. 55, n. 2, p. 309-16, 1996.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, D. M.; Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Revista brasileira de fruticultura.** Jaboticabal. v.23, n.2, p.250-256, 2001.
- COLETTI, C.; TESTEZLAF R. Metodologia para avaliação dos impactos da irrigação por sulcos sobre os recursos hídricos no cultivo do tomate de mesa. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. São Pedro-SP. **Anais...** CD-ROM. 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Avaliação de Safra Agrícola 2006/2007 - Quarto Levantamento. Jan 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2levsaf.pdf>> Acesso em: 29 jan. 2008.

CONCEIÇÃO, M. M.; SANTOS, N. A.; FREITAS, J. C. O.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J.; BEZERRA, A. F.; SANTOS, J. C. O.; CARDOSO, O.; SANTOS JÚNIOR, J. R.; SILVA, C. C. FERNANDES JÚNIOR, V. J.; SOUZA, A. G. Degradação térmica de biodiesel de mamona. In: I Congresso Nacional da Mamona. Campina Grande-PB. *Anais...*, CD-ROM. 2004.

COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A.; **Quimigação – aplicação de produtos químicos e biológico via irrigação.** Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Brasília: 1994, 315p. il. color.

DOORENBOS, J.; PRUIT, O. W. **Necessidades hídricas das culturas.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 306p. (FAO. Irrigação e drenagem, 24).

DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; OLIVEIRA, C. B.; SOUZA, G. F. **Estudo comparativo técnico-econômico do café irrigado por aspersão por pivô central e em malha e irrigação localizada por gotejamento e tripa.** In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 5, 2002, Araguari-MG. UFU, 2002. p.52-57.

DRUMOND M. A.; ANJOS, J. B. dos; MORGADO, L. B.; MILANI, M.; SOARES, J. M.; Comportamento de diferentes genótipos de mamoneira irrigados por gotejamento em Juazeiro-BA. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracajú-SE. *Anais...*, CD-ROM. 2006.

EMBRAPA. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro. Embrapa. 1997 (a). 212p.

EMBRAPA- **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.),** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 1997 (b). 52p. (Circular Técnica, 25).

EMBRAPA. BRS - 188 Paraguaçu. Campina Grande: EMBRAPA Algodão/SENAR-PB, 2002.

EMBRAPA. BRS - Energia. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2007. folder.

ENGEL, R. E. Simulated growing-season precipitation and nitrogen effects on winter wheat yield. *Agronomy Journal*, Madison, v.83, p180-185, 1991.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 429p. (EMBRAPA CNPAF. Documento, 18).

FAO/UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity; International source book.** London: Hutchinson, 1973. 510p.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G. y; VILA NOVA, N. A.; FAVARI, M. da G. G. V. **Equações para estimativa do índice de área foliar do cafeeiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 7, n.6, p.769-773. 2002.

FERREIRA, G. B.; MENDOZA, R. V.; SILVA, S. P. da; CRONEMBOLD, P.; MOURÃO JÚNIOR, M.; Variação do crescimento vegetativo e produtivo de alguns genótipos de mamona em diferentes populações de cultivo. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracajú-SE. *Anais...*, CD-ROM. 2006.

FERREIRA, M. N. L. **Determinação da evapotranspiração atual e potencial da cultura da melancia.** Fortaleza, UFCE 1990. 66p (Dissertação de Mestrado).

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia.** 2. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 421p.

FLESCHE, T. K.; DALE R. F. A leaf index model for corn with moisture stress reductions, **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 1008-1014, 1987.

FONSECA JÚNIOR, N. da S.; MILANI, M.: Avaliação de genótipos de mamona na região norte do Paraná. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. **Anais...**, CD-ROM. 2006.

FORNANZIERI JÚNIOR, A. **Mamona: Uma rica fonte de óleo e de divisas.** São Paulo. Coleção Brasil Agrícola. Ícone Editora Ltda. 1986. 75p.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. Melhoramento Genético. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (ed). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/ Campina Grande: Embrapa Algodão. p.17-36, 2001.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. DE; LIMA, E. F (ed). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. XIII, p.295-335.

FRIZZONE, J. A. **Planejamento da irrigação: uniformidade e eficiência da irrigação.** Piracicaba, SP: ESALQ, Depto. Engenharia Rural, 1997. 53p. (Série Didática, 3).

FRIZZONE, J. A; LIER, Q. J. V.; NETO, D. D.; Determinação da lâmina média de irrigação em pivô central. **Scientia Agrícola.** Piracicaba-SP, v.51 n.1, p.188-190, 1994.

GOMIDE, R. L.; CARVALHO, L. J. C. B.; RODRIGUES, G. C. **Gradiente de aplicação de água sobre as culturas através de uma linha central de aspersores.** Embrapa/ CNPMS, Sete Lagoas. 1991. (Mimeografado).

GONDIM, T. M. de S.; MILANI, M.; VASCONCELOS, R. A.; FREITAS, H. E. C. D. S. de; NÓBREGA, M. B. de; PEREIRA J. R.; Produção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no cariri cearense, sob irrigação. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. **Anais...**, CD-ROM. 2006.

GONDIM, T. M. de S.; NÓBREGA, M. B. de; SEVERINO, L. S.; VASCONCELOS, R. A. de; Adensamento de mamoneira sob irrigação em Barbalha, CE. In: I Congresso Nacional da Mamona. Campina Grande-PB. **Anais...**, CD-ROM. 2004.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://www.earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 26 fev. 2008.

HANKS, R. J.; KELLER, J. RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line sources sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.40, p. 426-429, 1976.

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: Uma introdução a econometria**. 3. ed. São Paulo. HUCITEC. 1998. 379p.

HSIAO, T. C.; BRADFORD, K. J. Physiological consequences of cellular water deficits. In: TAYLOR, H. M.; JORDAN, W. R.; SINCLAIR, T. R. **Limitations to efficient water use in crop production**. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of América/Soil Science Society of America. 1983. p.227-265.

JANICK, J. **A Ciência de horticultura**. 2. ed. Rio de Janeiro : Freitas Bastos, 1968. 485p.

JENSEN, M. E.; RANGELEY, W. R.; DIELEMAN, P. J.; Irrigation trends in world agriculture. In: **Irrigation agriculture crops**. Madison: American Society Agronomy, 1990. p 31-67.

JOHNSON, R. R. Informações agronômicas. [S.I., s.n.], 1982, 3p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: AnaviBook/Van Nostrand Reinhold, 1990. 652.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. **European Journal of Agronomy**, v. 11, p. 227-237, 1999.

KUDREV, T. G. **Água: vida das plantas**. São Paulo: Ícone, 1994. 178p.

KUMAR P. V; SRIVASTAVA N. N.; VICTOR U. S.; RAO D. G.; RAO A. V. M. S.; RAMAKRISHNA Y. S.; RAO B. V. R. Radiation and water use efficiencies of rainfed castor beans (*Ricinus communis* L.) in relation to different weather parameters. **Agricultural and Forest Meteorology**, Hyderabad: Elsevier, v. 81, n. 3, p. 241-253, 1996.

LARCHER, W. Utilização de carbono e produção de matéria seca. In: LARCHER, W.; LAMBERT, A. (ed). **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU. p.74-160. 1986.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Carlos Henrique B. A. & Augusto C. Franco, São Carlos, RiMA, 2000. 530p.

LIMA, C. J. C. S.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; GALVÃO, D. C.; SOUZA, P. S. Eficiência do uso da água pelo meloeiro Gália fertirrigado. I Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I Conferência sobre Recursos Hídricos no Semi-Árido Brasileiro. Sobral-CE. **Anais...**, CD-ROM. pag. 169-173. 2007.

LOPES, G. U. M.; OLIVEIRA, L. A. A.; SHIMOYA, A.; ANDRADE, W. E. de B.; REGO FILHO, L de M; Competição de genótipos de mamoneira no período outono-inverno em Itaocara, RJ. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. **Anais...**, CD-ROM. 2006.

MADAIL, J. C. M.; BELARMINO, L. C.; NEUTZLING, D. M.; **Aspectos econômicos da mamona (*Ricinus communis* L.) e estudo de rentabilidade no Rio Grande do Sul**. Pelotas. Embrapa Clima Temperado, 2006 38p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda. 1980. 251p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F.; **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., atual. e ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 2007. 358p.: il.: 22cm.

MELLO JÚNIOR. **Funções de resposta do trigo (*Triticum aestivum* L.) a níveis de irrigação de nitrogênio**. Botucatu-SP: UNESP, 1992. 154p. (Dissertação de Mestrado).

MELO, F. de B.; BETRÃO, N. E. de M. MILANI, M.; RIBEIRO, V. Q.; Comportamento produtivo de genótipos de mamoneira em baixas altitudes para produção de biodiesel. II Congresso Brasileiro de Mamona, 2006, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

MENDONÇA, F. C.; MEDEIROS, R. D.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Adubação nitrogenada do milho em sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1035-1044, 1999. Suplemento.

MILANI, M.; ANDRADE, F. P. de; NÓBREGA, M. B. de M.; SILVA, G. A.; MOTA, J. R.; MIGUEL JÚNIOR, S. R.; DANTAS, F. V.; SOUSA, R de L.; Avaliação de genótipos de porte baixo de mamona na região de Irecê/BA. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. **Anais...**, CD-ROM. 2006.

MILLER, D. E.; HANG, A. N. Deficity high-frequency irrigation of sugarbeets with the line source technique. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, p.1295-1298, 1980.

MORAES, S. do V.; SEVERINO, L. S.; VALE, L. S. do; COELHO, D. K.; GONDIM, T. M. de S.; BELTRÃO, N. E. de M.; Produção e teor de óleo da mamoneira de porte médio plantada em diferentes espaçamentos. In: II Congresso Brasileiro de Mamona, 2006, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory – and field – derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.234, n.2, p.153-157, 2001.

MULLER, A. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M. I. G.; **Estimativa de índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.13, n.1, p.65-71, 2005.

NEUMANN, P. M. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, Madison, v.35, p.1258-1266, 1995.

NÓBREGA, M. B. de M.; ANDRADE, F. P. de; SANTOS, J. W. dos; LEITE, E. J. Germoplasma. In: AZEVEDO, D. P. M. de; LIMA, E. F. (ed). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 11, p 257-280.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. dos; Alterações fisiológicas do amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.41-45, 2000.

OXFORD. Instruments. **Oxford 4000**. Instruction manual. England, 1995. p. irr.

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

PASZKIEWICZ, S. **Narrow row spacing influence on com yield**. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 51., 1996, Chicago. Proceedings... Chicago: il, p.130-138. 1996.

PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA, M. C. T.; SALOMÃO, L. C. C.; SILVA, S. de O. e; SEDIYAMA, C. S.; SILVA NETO, S. P. da; COUOT, F. A. D'A; **Crescimento e produção do primeiro ciclo da bananeira (*MUSA spp*), 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos em Visconde do Rio Branco MG. Revista Ceres, Viçosa, v.46, n.263. pag. 53-66, 1999.**

PENTEADO, R. A. N.; CUNHA, R. B. C.; A. P.; **Biodiesel – Uma sinopse das conjunturas brasileiras e mundial**. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologias do Biodiesel. **Anais...** Brasília. Disponível em: <http://www.abipti.org.br/congressobiodiesel2006>. Acesso em: 12 dez 2006.

PIRES, J. L. F.; SOPRANO, E.; CASSOL. B. **Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.1, p.41-50, 2002.**

PIRES, M. de M.; ALVES, J. M.; ALMEIDA NETO, J. A. de; ALMEIDA, C. M.; SOUSA, G. S. de; CRUZ, R. S. da; MONTEIRO, R.; LOPES, B. S.; ROBRA S. **Biodiesel de mamona: Uma avaliação econômica**. In: I Congresso Nacional da Mamona. Campina Grande-PB. **Anais...**, CD-ROM. 2004.

POLETINE, J. P.; MACIEL, C. D. de G.; AMARAL, J. G. C. do; ZANOTTO, M. D.; **Avaliação de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) de porte médio para o Estado de São Paulo safra 2003/2004**. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. **Anais...**, CD-ROM. 2006.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. **Botanical classification**. In: MOSHKIN, V. A. (ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, p.11-27. 1986.

PORTAL DO BIODIESEL; **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br>. Acesso em: 07 nov. 2007.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; FILHO, A. S. **Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção de biodiesel**. In: CÂMARA, G. M. S. e HEIFFIG, L. S. **Agronegócio de Plantas Oleaginosas: Matérias-Primas para Biodiesel**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV. p.81-104. 2006.

RANGEL, L. E. P.; FERREIRA, L. G.; ALMEIDA, V. M. de; MENEZES, V. L. **Mamona: situação atual e perspectiva no Mato Grosso**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 16p. (Embrapa Algodão. Documentos, 106).

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera – Conceitos, Processos e Aplicações**. Manole. Barueiri, SP. 2004. 469p.

REZENDE, P. M. de; GRIS, C. F.; GOMES, L. L.; TOURINO, M. C. C.; BOTREL, E. P. Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja (*Glycine max* L. Merrill. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.28, n.3 p.499-504. 2004.

REZENDE, R.; GONÇALVES, A.C.A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.; TORMENA, C.A.; BERTONHA, A. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum**, v.24, n.5, p.1553-1559, 2002.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, United States Department of Agriculture, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.

ROCHA, E. M. de M. **Uniformidade e eficiência de aplicação da água de irrigação por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo**. Fortaleza-CE: UFC, 1998. 154p. (Dissertação de Mestrado).

RODRIGUES, L. N. **Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária**. Campina Grande, UFCG 2008. 161p.; il. (Tese de Doutorado).

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Arranjo espacial e plantas e milho: Como otimiza-lo para maximizar o rendimento. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 25, 2004. **Anais...** Cuiabá: ASBMS, p.150-159. 2004.

SANTOS, R. F. dos; KOURI, J; Panorama Mundial do Agronegócio da Mamona. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. **Anais...**, CD-ROM. 2006.

SAS. **Users Guide**. In; SAS INSTITUTE.SAS Onlinedoc; version 9.1.3, Cary, 2004. CD ROM.

SAVY FILHO, A. **Melhoramento de espécies cultivadas: melhoramento da mamona**. Viçosa – MG. 1996. UFV, p. 385-407.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.

SCHECHTMAN, R.; PIRES, A.; Programa do biodiesel coloca a carroça na frente dos bois. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF. Clipping, **Artigo Valor Econômico**. Disponível em: <<http://clipping.planejamento.gov.br/noticias/Impressao.asp?NOTCod=170459>> Acesso em: Agosto, 2006.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W.; Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.8, n.1, p.753-762. 2004 (a).

SEVERINO, L. S.; COELHO, D. K.; MORAES C. R de A.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, L. S. do; Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**. Campina Grande, v.10, n.1/2, p.933-999. 2006 (b).

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIRIATO, J. R. Poda da mamoneira para cultivo bianual em Assu, RN. In: I Congresso Brasileiro de Mamona, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD – 'ROM. (b)

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.37, n.1, p.50-54, 2006 (a).

SILVA, E. L.; GERVASIO, E. S. Uso do instrumento TDR para determinação do teor de água em diferentes camadas de um Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.3, p.417-420, 1999.

SILVA, S. D. dos A.; UENO, B.; MILANI, M.; AIRES, R. F.; CASAGRANDE JÚNIOR, G.; Desempenho agrônômico de genótipos de mamona em região de clima temperado, safra 2005/06. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. *Anais...*, CD-ROM. 2006.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, Poços de Caldas, 1998. *Anais...* Manejo de irrigação. Lavras: UFLA; SBEA, p.311-351. 1998.

SOUZA, A. dos S.; TÁVORA, F. J. A. F. Florescimento e produtividade da mamoneira cultivada em diferentes épocas. In: II Congresso Brasileiro da Mamona. Aracaju-SE. *Anais...*, CD-ROM. 2006.

SOUZA, L. C. **Componentes de produção do cultivar de algodoeiro CNPA - 7H em diferentes populações de plantas.** Viçosa, UFV 1996. 71p. Tese (Doutorado).

SUDENE. **Levantamento exploratório – reconhecimento do Estado do Ceará.** Recife, SUDENE, vol. I, 1993. 301p.

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

VAUX, H. J.; PRUITT, W. O. Crop-water production functions. In: HILLEL, D. (ed.) **Advances in irrigation.** New York: Academic Press, v.2, p.61-97. 1983.

VIEIRA, R. de M.; LIMA, E. F. **Importância sócio econômica e melhoramento genético da mamoneira do Brasil.** Disponível em: < [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br) > Acesso em: 15/03/2004.

WALKER, R. W. **Sprinkler and trickle irrigation.** Fost Collins. Department of Agricultural and Chemical Engineering. Colorado State University, 3. ed. Chapter.5, 1979.

WATSON, D. J.; **The physiological basis of variation in yield.** *Advances in Agronomy.* San Diego, v.4, p.101-144, 1942.

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

WILLARDSON, L. S., OOSTERHUIS, D. M.; JOHNSON, D. A. Sprinkler selection for line-source irrigation systems. *Irrigation. Science.* Heidelberg, v.8, p.65-76, 1987.

WRIGHT, G. C.; RAO, R. C N. Groundnut water relations. In. SMART, J. **The Groundnut Crop: Scientific Basis for Improvement.** London: Chapman & Hall, 1994.

*ANEXOS*

**Quadro 01:** Resumos das médias da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

MÉDIAS (cm)					
Lâminas					
	20	40	60	80	100
294,22	20,6137 a	35,1556 a b	73,5831 a	75,4993 a	78,7918 a
382,50	20,9175 a	39,5943 b c	84,4993 b	87,7087 b	89,2093 a b
479,75	21,7393 a	41,7906 c	92,1462 c	101,5593 c	103,4587 c
679,75	20,7437 a	33,8537 a	80,9593 b	95,7300 b c	98,9068 b c
DMS	4,3484	4,8898	6,8769	11,6808	14,0543
Populações					
35.460	20,8400 a	37,7918 a	81,7293 a	90,6031 a	93,1356 a
39.682	21,5956 a	37,8331 a	82,7706 a	90,0825 a	92,1050 a
45.045	20,9981 a	38,3131 a	83,7918 a	89,3537 a	91,3337 a
52.083	20,5806 a	36,4562 a	82,8962 a	90,4581 a	93,7925 a
DMS	2,2686	4,1908	6,9628	8,9432	9,5749

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 02:** Resumos das médias do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

MÉDIAS (cm)					
Lâminas					
	20	40	60	80	100
294,22	0,7676 a	1,2288 a	1,4510 a	1,4925 a	1,6888 a
382,50	0,7501 a	1,3532 a b	1,6618 a b	1,6887 b	1,8030 a b
479,75	0,7525 a	1,4456 b	1,7637 b	1,7612 b	1,8919 b
679,75	0,7605 a	1,2281 a	1,6161 a b	1,7021 b	1,8113 a b
DMS	0,0811	0,1873	0,2171	0,1591	0,1736
Populações					
35.460	0,7578 a	1,2795 a	1,6355 a	1,6674 a	1,8528 a
39.682	0,7496 a	1,3397 a	1,6214 a	1,6895 a	1,8274 a
45.045	0,7487 a	1,3116 a	1,6125 a	1,6455 a	1,7511 a
52.083	0,7746 a	1,3249 a	1,6233 a	1,6421 a	1,7638 a
DMS	0,0645	0,1394	0,1140	0,1474	0,1644

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 03:** Resumos das médias da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

MÉDIAS (cm <sup>2</sup> )					
Lâminas					
	20	40	60	80	100
294,22	417,3893 a	2161,4406 a	1942,2206 a	1755,5081 a	1577,0637 a b
382,50	457,9925 a	3228,6987 a b	3104,2293 b	2497,5987 a b	1984,4350 b
479,75	473,3150 a	3962,4506 b	3966,4737 b	3091,3181 b	1947,5237 b
679,75	437,9156 a	2156,2212 a	3434,2712 b	2915,5131 b	1322,1031 a
DMS	193,4968	1212,0834	1016,5048	1081,5886	574,1961
Populações					
35.460	453,3250 a	3059,1262 a	3272,9681 a	3109,6881 a	2123,8818 a
39.682	455,8993 a	2944,8606 a	3107,4025 a	2415,3700 a	1415,0218 a
45.045	436,6831 a	2792,9368 a	2957,6775 a	2240,4050 a	1657,2331 a
52.083	440,7050 a	2711,8875 a	3109,1468 a	2494,4750 a	1634,9887 a
DMS	83,6706	942,0251	700,2798	922,2327	714,8802

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 04:** Resumos das médias do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento do 1º e 2º cacho CC (1) e CC (2) e percentual de flores femininas do 1º e 2º cacho %FF (1) e %FF (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005

MÉDIAS					
Lâminas					
	NDI (unid)	CC (1) (cm)	CC (2) (cm)	%FF(1)	%FF(2)
294,22	41,7500 a	30,9581 a	17,6968 a	0,5775 a	0,5162 a
382,50	39,2500 a	36,8550 a b	19,1975 a b	0,5775 a	0,5212 a
479,75	38,7500 a	40,7718 b	23,7493 b c	0,5631 a	0,4750 a
679,75	40,1250 a	37,2906 a b	25,5212 c	0,5612 a	0,4281 a
DMS	4,0995	7,9099	5,3497	0,2265	0,3130
Populações					
35.460	39,5000 a	36,4581 a	24,1975 a	0,5675 a	0,5237 a
39.682	38,7500 a	36,2931 a	21,4262 a	0,5681 a	0,4981 a
45.045	40,5000 a	36,4993 a	20,0318 a	0,5618 a	0,4637 a
52.083	41,1250 a	36,6250 a	20,5093 a	0,5737 a	0,4550 a
DMS	3,1674	5,7329	4,7676	0,2447	0,4070

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 05:** Resumos das médias do número dos frutos (NFr), peso dos frutos do 1º e 2º cacho PFr (1) e PFr (2) e peso das sementes 1º e 2º cacho PS (1) e PS (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005

MÉDIAS					
Lâminas					
	NFr (unid)	PFr(1) (g)	PFr(2) (g)	PS(1) (g)	PS(2) (g)
294,22	6,2940 a	60,3656 a	49,6175 a	42,4356 a	34,1537 a
382,50	7,0649 a b	62,5481 a	53,8125 a	44,2581 a	38,6306 b
479,75	7,4152 a b	62,4950 a	53,4312 a	45,1131 a	39,9187 b
679,75	7,2686 a	61,8650 a	51,0900 a	44,0925 a	38,7712 b
DMS	1,1170	5,8872	4,7241	3,3963	4,3604
Populações					
35.460	7,4598 a	61,6793 a	52,2893 a	44,1806 a	38,1693 a
39.682	6,8542 a	61,2525 a	52,8700 a	43,4131 a	38,6825 a
45.045	6,9706 a	63,9531 a	51,9581 a	45,4581 a	37,9887 a
52.083	6,8572 a	60,3887 a	50,8337 a	42,8475 a	36,6337 a
DMS	0,7433	5,7430	5,9338	4,4235	4,8279

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 06:** Resumos das médias do percentual de casca do 1º e 2º cacho %C (1) e %C (2), peso dos frutos nas parcelas do 1º e 2º cacho PFP (1) e PFP (2) e peso total dos frutos (PFT) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2005

MÉDIAS					
Lâminas					
	%C (1) (%)	%C (2) (%)	PFP (1) (kg ha <sup>-1</sup> )	PFP (2) (kg ha <sup>-1</sup> )	PFT (kg ha <sup>-1</sup> )
294,22	28,3406 a	24,2256 a	872,1612 a	280,7850 a	1152,9462 a
382,50	27,7987 a	25,4956 a b	1200,9225 b	502,3112 b	1703,2337 b
479,75	29,2231 a	28,2787 b	1300,5762 b	605,9937 b c	1906,5700 b
679,75	29,7575 a	31,1662 c	880,4356 a	644,2275 c	1524,6631 a b
DMS	4,0582	2,8548	330,6794	131,3330	390,2552
Populações					
35.460	28,3725 a	27,1093 a	996,9281 a	588,0756 b	1585,0037 a
39.682	29,1725 a	26,8443 a	1019,7887 a	505,3193 a b	1525,1081 a
45.045	28,8681 a	26,9975 a	1093,1681 a	496,0812 a b	1589,2493 a
52.083	28,7068 a	28,2150 a	1144,2106 a	443,8412 a	1588,0518 a
DMS	4,2679	1,9354	216,4168	123,8592	241,0562

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 07:** Resumos das médias da altura de planta (AP) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

MÉDIAS (cm)					
Lâminas					
	20	40	60	80	100
311,74	19,6993 a	44,8425 a	72,6250 a	83,8743 a	86,1975 a
460,40	21,2825 a	55,3918 a b	92,1143 b c	105,2918 c	104,9556 b
668,53	20,3418 a	60,0575 b	98,9806 c	111,4375 c	109,0625 b
850,54	19,7550 a	45,6043 a	83,8343 a b	94,7093 b	99,4650 a b
DMS	2,0534	12,2949	12,6200	10,1703	16,5842
Populações					
27.777	19,9712 a	53,9637 a	90,0006 a	102,1881 a	103,6856 a
33.333	20,1450 a	52,5206 a	90,5106 a	100,5618 a	100,0870 a
41.666	20,2331 a	51,1243 a	83,6462 a	97,1462 a	99,8750 a
55.555	20,7293 a	48,2875 a	83,3968 a	95,4175 a	95,9112 a
DMS	1,8936	12,1947	12,7903	15,0061	16,1986

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 08:** Resumos das médias do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2006

MÉDIAS (cm)					
Lâminas					
	20	40	60	80	100
311,74	0,7920 a	1,1920 a	1,4628 a	1,5535 a	1,5893 a
460,40	0,7807 a	1,3316 a b	1,7343 b c	1,7938 a b	1,8017 a
668,53	0,7888 a	1,4441 b	1,8530 c	1,8428 b	1,8428 a
850,54	0,7371 a	1,2776 a b	1,6374 a b	1,6973 a b	1,7519 a
DMS	0,0652	0,1754	0,1969	0,2724	0,3015
Populações					
27.777	0,7871 a	1,3947 a	1,7986 b	1,8727 b	1,9077 b
33.333	0,7803 a	1,3533 a	1,7182 a b	1,7729 a b	1,7955 a b
41.666	0,7574 a	1,2491 a	1,5921 a b	1,6573 a b	1,6868 a b
55.555	0,7738 a	1,2482 a	1,5786 a	1,5845 a	1,6218 a
DMS	0,0770	0,1871	0,2103	0,2317	0,2561

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 09:** Resumos das médias da área foliar (AF) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após geminação (DAG). Barbalha-CE, 2006

MÉDIAS (cm <sup>2</sup> )					
Lâminas					
	20	40	60	80	100
311,74	989,1156 a b	2809,6668 a	4995,2862 a	5479,6543 a	3414,1793 a
460,40	990,1987 a b	3609,5656 a b	7096,8200 a b	7113,4718 a	3538,3612 a
668,53	1073,5806 b	4234,4200 b	9559,3156 b	7014,8637 a	3453,6943 a
850,54	816,0525 a	3186,4612 a	5252,3112 a	6667,8856 a	5396,5581 a
DMS	208,8470	930,5084	2630,1906	3411,6313	3413,2992
População					
27.777	1076,4450 a	3493,0725 a	8983,6443 b	8198,4906 a	4892,4525 a
33.333	944,3825 a	3548,5681 a	6876,0906 a b	6637,0500 a	3872,3412 a
41.666	847,1768 a	3275,9543 a	5403,9537 a	5983,9837 a	3519,2487 a
55.555	1000,9431 a	3522,5187 a	5640,0443 a	5456,3512 a	3518,7506 a
DMS	321,9186	857,4683	2818,8427	4612,6803	2598,8837

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 10:** Resumos das médias do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento do 1º e 2º cacho CC (1) e CC (2) e percentual de flores femininas do 1º e 2º cacho %FF (1) e %FF (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

MÉDIAS					
Lâminas					
	NDI (unid)	CC(1) (cm)	CC(2) (cm)	%FF(1)	%FF(2)
311,74	38,4375 a	26,6350 a	18,8850 a	0,4946 a	0,6123 a
460,40	38,8750 a	35,0006 b	25,9381 b	0,6328 b	0,6255 a
668,53	38,7500 a	41,4181 c	26,4581 b	0,6742 b	0,6355 a
850,54	38,3750 a	33,2293 b	19,3956 a	0,6335 b	0,6120 a
DMS	4,3803	6,0284	5,5817	0,0755	0,1062
Populações					
27.777	39,1250 a	36,9800 a	26,7493 a	0,6105 a	0,6391 a
33.333	38,1250 a	35,2606 a	23,9893 a	0,6460 a	0,6115 a
41.666	38,8750 a	31,8643 a	19,5312 a	0,5755 a	0,6115 a
55.555	38,3125 a	32,1781 a	20,4068 a	0,6031 a	0,6232 a
DMS	3,5568	5,3710	7,5666	0,1007	0,0899

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 11:** Resumos das médias do número de cachos (NC), número de entrenós (NNO) e número de frutos do 1º e 2º cacho NFr (1) e NFr (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

MÉDIAS				
Lâminas				
	NC (unid)	NNO (unid)	NFr(1) (unid)	NFr(2) (unid)
311,74	2,6468 a	12,4793 a	33,8531 a	21,5412 a
460,40	3,8750 a	11,9781 a	42,8537 a	29,1662 a b
668,53	4,1681 a	11,8131 a	44,4800 a	36,3132 a b
850,54	3,3331 a	12,2493 a	36,8950 a	21,4356 a
DMS	1,5253	1,0025	16,0548	11,7482
Populações				
27.777	4,3125 b	11,8543 a	47,8112 b	36,7293 a
33.333	3,6668 a b	12,1668 a	43,9581 a b	23,3943 a
41.666	3,0018 a	12,2706 a	30,4587 a	23,4368 a
55.555	3,0418 a	12,2281 a	35,8537 a b	24,8956 a
DMS	1,2116	1,1748	14,0415	19,7306

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 12:** Resumos das médias do peso dos frutos do 1º e 2º cacho PFr (1) e PFr (2), peso das sementes do 1º e 2º cacho PS (1) e PS (2) e percentual de casca do 1º e 2º cacho %C (1) e %C (2) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

MÉDIAS						
Lâminas						
	PFr(1) (g)	PFr(2) (g)	PS(1) (g)	PS(2) (g)	%C (1) (%)	%C (2) (%)
311,74	61,6987 a	61,2137 a	43,5800 a	41,7875 a	29,3187 b	32,1206 b
460,40	65,2775 a	62,9600 a	47,8412 b	43,7831 a	26,6487 a b	30,4281 a b
668,53	62,2812 a	61,1618 a	47,0462 a b	44,1743 a	24,6800 a	27,6775 a
850,54	60,9425 a	65,0031 a	46,593 a b	45,5256 a	25,4506 a	28,6393 a b
DMS	7,2708	7,7596	3,9068	6,6899	3,0922	3,7576
Populações						
27.777	63,6518 a	61,2537 a	46,8237 a	42,8050 a	26,4525 a	30,1193 a
33.333	63,7025 a	62,6856 a	47,7143 a	43,8068 a	25,2575 a	30,3731 a
41.666	61,2181 a	62,3768 a	44,9012 a	43,4768 a	26,6625 a	28,9256 a
55.555	61,6275 a	64,0225 a	45,6418 a	45,1818 a	27,7256 a	29,4475 a
DMS	5,5580	9,6531	4,1421	5,8093	3,4745	5,6955

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

**Quadro 13:** Resumos das médias do peso dos frutos na parcela do 1º e 2º cacho PFP (1) e PFP (2), peso dos frutos restantes na parcela (P. RESTANTE) e peso dos frutos total (PFT) da mamona irrigada com lâminas em diferentes populações. Barbalha-CE, 2006

MÉDIAS (kg ha <sup>-1</sup> )				
Lâminas				
	PFP(1)	PFP(2)	P Restante	PFT
311,74	835,6106 a	357,6387 a	643.9231 a	1837.1725 a
460,40	1182,9637 b c	562,4143 b	789.6712 a	2535.0493 b
668,53	1279,4268 c	629,4231 b	678.3287 a	2587.1787 b
850,54	959,1162 a b	544,0106 b	896.5287 a	2399.6556 a b
DMS	237,0821	129,3782	406,9700	624,4152
Populações				
	PFP(1)	PFP(2)	P Restante	PFT
27.777	998,4362 a	582,0306 a	702,2731 a	2282,7400 a
33.333	1112,8470 a	569,7000 a	747,0493 a	2429,5968 a
41.666	1050,4375 a	451,6506 a	757,2056 a	2259,2900 a
55.555	1095,4000 a	490,1056 a	801,9237 a	2387,4293 a
DMS	226,6009	288,6353	353,6073	672,0770

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Registros das médias de temperatura máxima (T. Max), temperatura mínima (T. Min), temperatura média (T. Média), umidade relativa (UR) e evaporação (Evap.) durante a condução do experimento. Agosto a Dezembro de 2005. Barbalha-CE

AGOSTO						SETEMBRO						OUTUBRO					
Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap.(mm)	Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap.(mm)	Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap.(mm)
1	31,1	19,8	25,4	58	8,37	1	31,6	18,0	24,80	52	8,76	1	35,8	21,8	28,80	52	8,36
2	30,4	20,0	25,2	62	8,53	2	34,3	20,2	27,25	49	8,01	2	36,7	21,2	28,95	40	9,70
3	31,2	21,4	26,3	58	6,96	3	34,1	20,6	27,35	52	8,80	3	35,7	21,2	28,45	42	10,18
4	31,1	28,0	29,6	61	6,73	4	34,4	20,0	27,20	54	7,62	4	35,6	22,0	28,80	46	6,64
5	30,3	24,0	27,2	69	6,42	5	34,3	19,0	26,65	48	10,84	5	35,9	23,8	29,85	43	10,98
6	29,7	18,4	24,1	62	5,80	6	35,2	19,0	27,10	56	8,90	6	36,0	22,1	29,05	43	10,48
7	29,3	19,0	24,2	65	4,59	7	34,4	19,2	26,80	45	8,58	7	35,5	20,4	27,95	50	11,92
8	29,8	19,7	24,8	60	8,32	8	34,9	21,5	28,20	46	9,08	8	34,5	21,0	27,75	47	10,15
9	31,2	18,0	24,6	57	4,71	9	33,4	20,5	26,95	46	9,34	9	34,4	21,1	27,75	43	9,43
10	33,5	19,0	26,3	52	10,14	10	34,1	21,0	27,55	40	11,68	10	35,7	22,5	29,10	43	10,79
11	33,5	17,8	25,7	52	9,19	11	33,5	19,5	26,50	48	11,74	11	34,3	22,8	28,55	52	9,26
12	32,9	19,9	26,4	62	7,71	12	34,2	18,5	26,35	44	7,53	12	35,3	23,2	29,25	48	4,67
13	33,1	18,8	26,0	48	9,17	13	30,8	20,8	25,80	64	13,55	13	35,7	22,2	28,95	46	8,11
14	31,9	19,6	25,8	56	8,27	14	32,9	20,0	26,45	57	5,27	14	36,0	22,0	29,00	48	11,14
15	31,8	20,9	26,4	64	6,18	15	32,1	18,8	25,45	58	10,80	15	36,7	22,3	29,50	40	11,79
16	33,0	22,6	27,8	56	9,67	16	33,5	20,4	26,95	46	10,21	16	35,9	21,2	28,55	43	8,67
17	32,5	18,0	25,3	54	10,01	17	35,4	18,8	27,10	42	10,57	17	36,9	22,0	29,45	48	9,49
18	31,9	19,2	25,6	57	6,34	18	35,0	19,2	27,10	43	8,95	18	37,0	21,0	29,00	50	9,01
19	31,3	21,8	26,6	58	5,26	19	34,2	20,1	27,15	53	12,63	19	37,4	21,6	29,50	38	12,57
20	30,2	19,4	24,8	60	8,28	20	35,7	21,8	28,75	54	12,65	20	36,0	21,8	28,90	41	12,21
21	29,7	18,4	24,1	67	9,04	21	36,3	17,2	26,75	55	8,37	21	34,7	20,4	27,55	48	12,30
22	29,6	20,8	25,2	61	2,00	22	35,1	17,8	26,45	58	8,61	22	35,7	20,4	28,05	42	12,06
23	32,5	19,4	26,0	52	9,43	23	33,2	22,9	28,05	61	8,18	23	36,6	21,4	29,00	37	13,34
24	30,3	20,2	25,3	62	5,25	24	36,0	22,5	29,25	49	6,86	24	37,1	21,2	29,15	40	7,50
25	32,0	21,5	26,8	56	10,82	25	35,3	18,6	26,95	51	8,38	25	36,8	21,0	28,90	46	12,50
26	35,2	20,0	27,6	49	10,64	26	35,7	18,4	27,05	44	0,00	26	37,2	22,0	29,60	45	9,18
27	33,1	18,0	25,6	52	9,48	27	35,3	21,6	28,45	50	9,89	27	36,2	20,9	28,55	49	11,58
28	32,4	19,0	25,7	52	7,28	28	35,3	21,2	28,25	50	8,49	28	34,5	23,2	28,85	55	12,38
29	32,3	19,7	26,0	52	7,12	29	34,4	19,4	26,90	46	10,40	29	37,1	22,8	29,95	52	9,12
30	34,5	18,8	26,7	44	9,52	30	35,2	21,8	28,50	49	8,36	30	36,9	20,2	28,55	50	8,54
31	34,0	17,6	25,8	46	9,52							31	36,7	22,4	29,60	53,0	4,51
Média	31,78	19,96	25,87	58,7	7,8	Média	34,33	19,94	27,14	50,3	9,1	Média	36,02	21,01	28,52	45,8	10,0

NOVEMBRO						DEZEMBRO					
Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R. (%)	Evap. (mm)	Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R. (%)	Evap. (mm)
1	35,7	23,7	29,7	53	10,40	1	35,9	22,8	29,4	48	12,41
2	35,9	21,6	28,8	51	8,26	2	35,9	22,3	29,1	50	9,30
3	37,1	20,7	28,9	40	6,58	3	35,5	23,2	29,4	60	9,17
4	36,1	23,0	29,6	46	12,60	4	34,9	22,9	28,9	65	5,91
5	35,1	22,5	28,8	50	2,09	5	29,3	21,0	25,2	84	2,06
6	35,1	21,1	28,1	50	9,52	6	31,6	21,6	26,6	79	6,70
7	35,5	22,2	28,9	51	11,88	7	28,0	21,0	24,5	89	2,40
8	36,4	20,4	28,4	46	11,44	8	31,9	22,2	27,1	78	0,00
9	36,7	21,5	29,1	52	7,48	9	33,2	22,0	27,6	63	4,15
10	36,7	24,0	30,4	42	10,98	10	33,8	22,7	28,3	58	2,83
11	34,8	23,0	28,9	56	10,18	11	33,1	22,9	28,0	66	4,80
12	35,9	21,4	28,7	51	7,28	12	33,1	21,8	27,5	69	9,41
13	35,3	21,5	28,4	52	7,98	13	33,5	23,0	28,3	62	6,44
14	35,5	24,4	30,0	58	10,40	14	33,5	21,4	27,5	66	8,46
15	34,8	23,2	29,0	49	12,50	15	33,3	22,4	27,9	62	9,62
16	36,9	21,4	29,2	46	8,76	16	34,7	20,9	27,8	60	9,36
17	37,1	22,4	29,8	46	9,44	17	32,9	21,6	27,3	59	9,18
18	36,3	22,5	29,4	48	12,96	18	34,0	23,0	28,5	58	7,52
19	35,8	20,8	28,3	54	14,22	19	34,2	21,4	27,8	64	9,20
20	37,7	22,2	30,0	48	8,69	20	32,9	22,4	27,7	58	9,12
21	37,0	24,2	30,6	49	10,82	21	33,9	21,3	27,6	59	10,25
22	36,3	23,2	29,8	46	9,46	22	34,2	22,0	28,1	55	9,83
23	36,1	23,6	29,9	50	11,18	23	33,4	20,3	26,9	65	10,66
24	36,5	22,2	29,4	50	11,26	24	33,8	21,6	27,7	63	8,03
25	34,8	24,0	29,4	53	9,95	25	30,3	20,4	25,4	84	3,93
26	33,9	23,8	28,9	56	9,24	26	33,3	21,2	27,3	72	1,08
27	34,9	25,0	30,0	60	8,35	27	33,3	21,4	27,4	72	6,72
28	31,3	23,9	27,6	68	8,31	28	31,5	22,4	27,0	77	5,61
29	35,1	22,6	28,9	52	4,81	29	30,5	23,6	27,1	74	6,00
30	36,9	23,4	30,2	54	9,59	30	34,1	22,4	28,3	58	4,78
						31	32,9	23,2	28,1	61,0	11,26
<b>Média</b>	<b>35,77</b>	<b>22,65</b>	<b>29,21</b>	<b>50,9</b>	<b>9,6</b>	<b>Média</b>	<b>33,11</b>	<b>22,01</b>	<b>27,56</b>	<b>65,74</b>	<b>6,97</b>

Registros das médias de temperatura máxima (T Max), temperatura mínima (T Min), temperatura média (T Média), umidade relativa (UR) e evaporação (Evap.) durante a condução do experimento. Agosto a Dezembro de 2006. Barbalha-CE

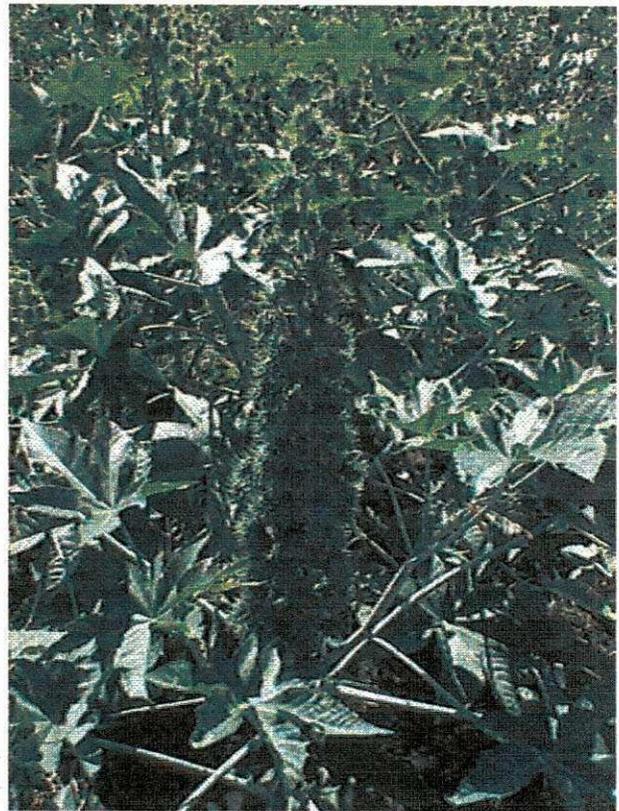
AGOSTO						SETEMBRO						OUTUBRO					
Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap. (mm)	Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap. (mm)	Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap. (mm)
1	32,6	21,0	26,8	61	9,40	1	32,1	21,1	26,6	56	8,19	1	35,8	21,1	28,5	45	12,40
2	31,1	19,0	25,1	58	6,82	2	33,9	17,7	25,8	63	6,67	2	35,6	22,0	28,8	45	7,70
3	30,2	19,3	24,8	61	7,68	3	35,0	17,9	26,5	62	8,32	3	35,9	20,4	28,2	47	10,64
4	31,5	19,2	25,4	63	6,10	4	36,0	21,2	28,6	62	6,10	4	36,2	20,6	28,4	52	8,39
5	32,3	19,3	25,8	60	10,70	5	34,7	20,4	27,6	64	8,23	5	35,3	20,7	28,0	55	10,32
6	31,6	19,6	25,6	77	8,99	6	34,3	20,7	27,5	57	8,46	6	36,2	22,1	29,2	46	13,84
7	28,9	18,0	23,5	82	5,45	7	33,6	21,0	27,3	50	6,16	7	35,7	23,0	29,4	56	8,96
8	32,2	18,8	25,5	69	8,03	8	33,6	17,5	25,6	58	9,90	8	36,4	22,6	29,5	56	7,80
9	30,7	20,4	25,6	75	5,70	9	29,3	20,0	24,7	67	6,13	9	36,7	19,0	27,9	51	10,38
10	32,2	21,6	26,9	72	7,36	10	28,7	19,3	24,0	71	5,05	10	36,5	20,2	28,4	46	15,38
11	32,3	20,2	26,3	59	7,44	11	32,5	20,2	26,4	62	8,16	11	36,5	22,0	29,3	51	8,54
12	32,1	20,4	26,3	69	6,85	12	33,6	19,4	26,5	56	7,32	12	36,5	22,4	29,5	63	9,23
13	30,8	19,7	25,3	69	3,30	13	33,5	19,8	26,7	52	9,12	13	37,3	18,7	28,0	50	9,43
14	32,1	21,7	26,9	66	8,37	14	34,5	20,3	27,4	46	8,18	14	36,3	18,7	27,5	53	9,17
15	32,5	19,8	26,2	74	7,72	15	33,7	19,6	26,7	48	5,36	15	36,6	20,2	28,4	54	10,70
16	32,4	16,6	24,5	63	7,06	16	34,3	19,6	27,0	59	8,28	16	35,3	23,4	29,4	56	9,42
17	33,1	20,6	26,9	62	7,81	17	35,5	22,8	29,2	47	6,62	17	34,5	21,8	28,2	61	8,83
18	32,3	19,2	25,8	64	8,07	18	36,2	20,0	28,1	48	11,20	18	35,9	21,4	28,7	61	9,42
19	33,1	17,7	25,4	55	8,20	19	35,9	18,6	27,3	58	7,49	19	34,5	24,2	29,4	63	8,26
20	34,4	18,2	26,3	56	7,89	20	35,1	23,0	29,1	60	4,33	20	35,1	21,4	28,3	64	11,21
21	37,1	20,8	29,0	54	7,41	21	34,9	22,0	28,5	53	10,16	21	37,1	20,1	28,6	59	7,42
22	34,5	22,2	28,4	55	5,36	22	35,0	23,0	29,0	59	6,06	22	30,0	20,4	25,2	81	3,42
23	33,2	19,5	26,4	56	7,95	23	35,8	19,0	27,4	52	9,10	23	32,8	21,0	26,9	71	5,10
24	33,3	19,4	26,4	55	9,18	24	35,3	21,5	28,4	56	8,26	24	33,2	23,0	28,1	68	5,96
25	32,7	20,0	26,4	54	8,65	25	35,8	19,2	27,5	54	8,92	25	35,1	22,4	28,8	58	8,19
26	32,7	17,4	25,1	50	8,07	26	35,9	21,4	28,7	46	9,40	26	35,6	22,7	29,2	65	6,93
27	34,1	19,2	26,7	48	6,71	27	34,5	21,0	27,8	46	12,30	27	34,7	22,6	28,7	71	6,31
28	34,1	19,0	26,6	61	7,20	28	33,1	21,4	27,3	58	10,75	28	35,6	21,4	28,5	70	6,78
29	34,3	17,5	25,9	63	7,58	29	35,4	20,6	28,0	48	10,67	29	31,4	22,2	26,8	77	5,58
30	34,1	18,5	26,3	60	7,40	30	36,5	20,0	28,3	44	8,87	30	35,3	22,6	22,6	74	5,86
31	33,7	20,9	27,3	58,0	10,85							31	35,1	23,2	29,2	66	7,46
<b>Média</b>	<b>32,65</b>	<b>19,51</b>	<b>26,08</b>	<b>62,2</b>	<b>7,6</b>	<b>Média</b>	<b>34,27</b>	<b>20,31</b>	<b>27,29</b>	<b>55,4</b>	<b>8,1</b>	<b>Média</b>	<b>35,31</b>	<b>21,53</b>	<b>28,42</b>	<b>59,2</b>	<b>8,7</b>

NOVEMBRO						DEZEMBRO					
Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap. (mm)	Dia	T.Max.	T.Min.	T.Média	U.R.(%)	Evap. (mm)
1	30,6	23,0	26,8	62	7,12	1	35,9	24,0	30,0	53	9,92
2	35,7	20,8	28,3	63	7,71	2	35,6	19,3	27,5	53	11,10
3	36,5	22,2	29,4	64	8,97	3	35,7	22,3	29,0	54	9,52
4	37,7	21,4	29,6	56	8,45	4	35,8	22,1	29,0	47	11,95
5	34,7	20,8	27,8	64	6,14	5	34,3	22,5	28,4	56	7,69
6	34,2	23,0	28,6	70	8,07	6	36,4	22,3	29,4	52	7,45
7	35,9	20,2	28,1	60	9,19	7	36,7	19,6	28,2	44	11,89
8	36,5	20,2	28,4	62	10,39	8	36,3	24,2	30,3	54	7,48
9	36,5	22,2	29,4	64	7,70	9	36,7	22,6	29,7	46	9,87
10	35,5	23,4	29,5	64	9,92	10	34,7	23,8	29,3	58	8,82
11	32,4	23,4	27,9	72	6,45	11	34,3	23,4	28,9	60	1,18
12	34,1	21,2	27,7	66	7,85	12	34,2	23,7	29,0	58	7,30
13	36,5	23,2	29,9	60	10,67	13	36,5	24,2	30,4	57	11,34
14	35,5	23,0	29,3	55	8,85	14	35,7	23,8	29,8	50	10,39
15	36,1	18,2	27,2	59	8,52	15	36,4	24,4	30,4	50	12,71
16	33,5	21,9	27,7	70	7,66	16	36,7	24,8	30,8	47	11,66
17	34,7	21,6	28,2	60	5,96	17	35,9	22,8	29,4	59	8,26
18	37,1	21,3	29,2	62	6,42	18	36,7	24,6	30,7	55	11,23
19	34,1	23,6	28,9	51	6,78	19	36,0	22,5	29,3	52	10,19
20	33,9	23,4	28,7	64	7,68	20	35,9	22,5	29,2	59	11,17
21	34,3	22,9	28,6	66	11,00	21	36,2	23,1	29,7	49	9,02
22	34,3	23,1	28,7	62	0,35	22	37,0	24,5	30,8	51	8,52
23	34,6	21,7	28,2	59	8,55	23	36,3	23,8	30,1	53	8,14
24	35,3	24,1	29,7	51	10,36	24	36,3	21,6	29,0	58	10,19
25	35,3	24,5	29,9	51	9,41	25	36,9	24,2	30,6	59	8,10
26	35,7	23,7	29,7	54	7,79	26	33,5	20,9	27,2	66	6,17
27	36,1	21,3	28,7	56	10,60	27	35,1	20,5	27,8	67	7,25
28	36,8	22,1	29,5	52	10,92	28	35,5	24,0	29,8	62	6,45
29	36,3	23,4	29,9	61	7,38	29	34,0	24,4	29,2	73	6,65
30	36,0	24,7	30,4	55	9,89	30	34,1	23,4	28,8	71	8,90
						31	32,3	21,1	26,7	76	7,81
<b>Média</b>	<b>35,21</b>	<b>22,32</b>	<b>28,77</b>	<b>60,5</b>	<b>8,4</b>	<b>Média</b>	<b>35,60</b>	<b>22,93</b>	<b>29,27</b>	<b>56,4</b>	<b>9,05</b>

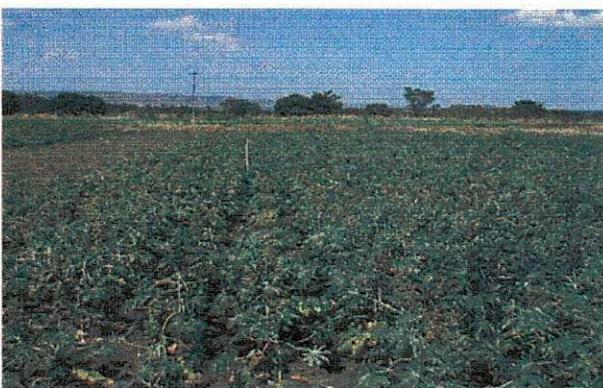
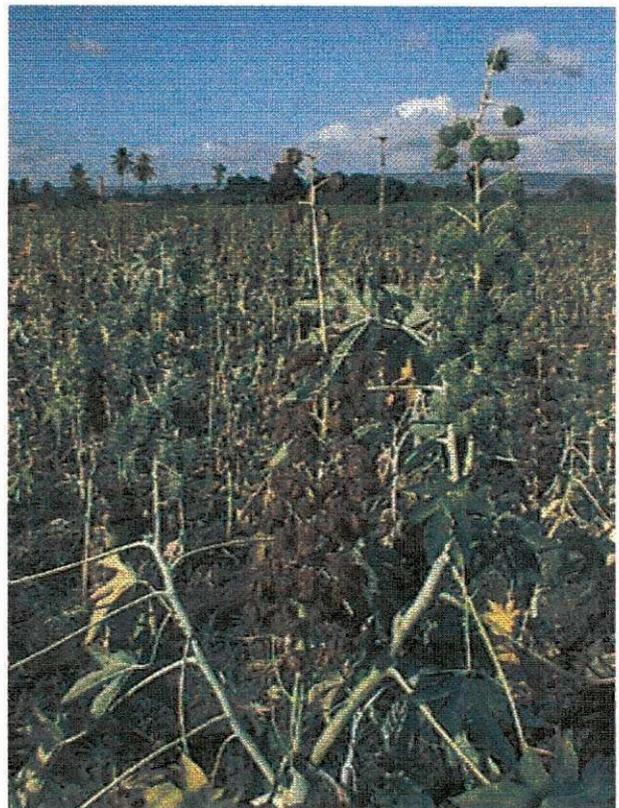
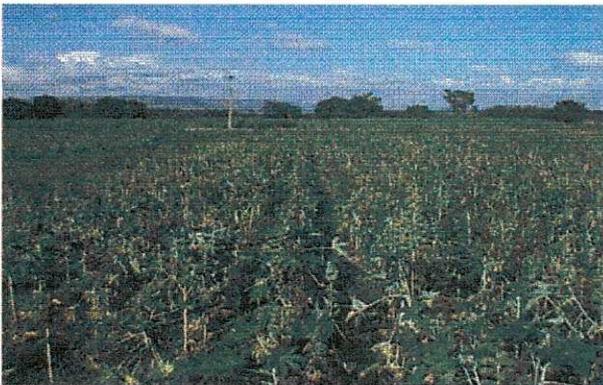
**RELATÓRIO DE FOTOS**

**ANO 2005**

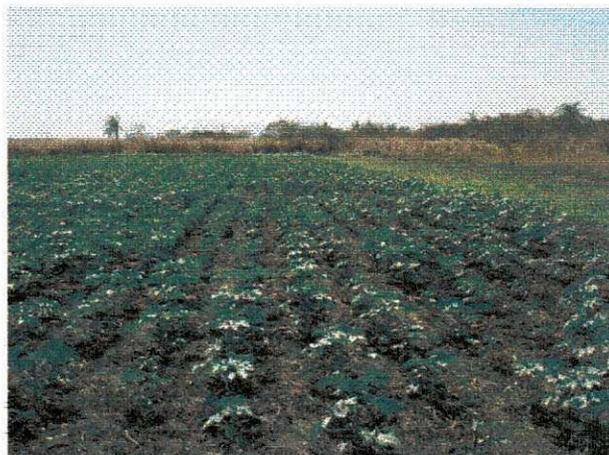
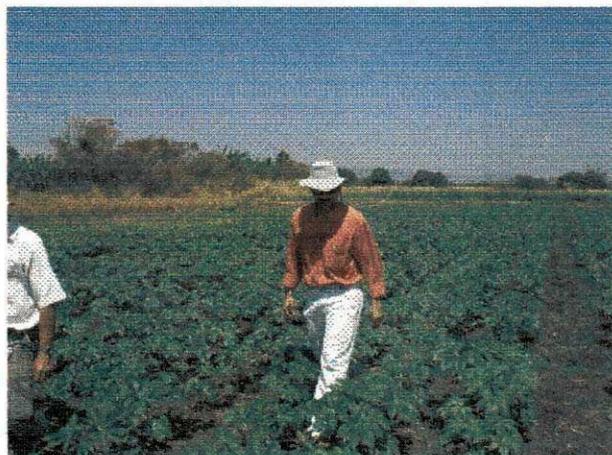
Vistas da área no período de germinação da plantas e com funcionamento do sistema de irrigação



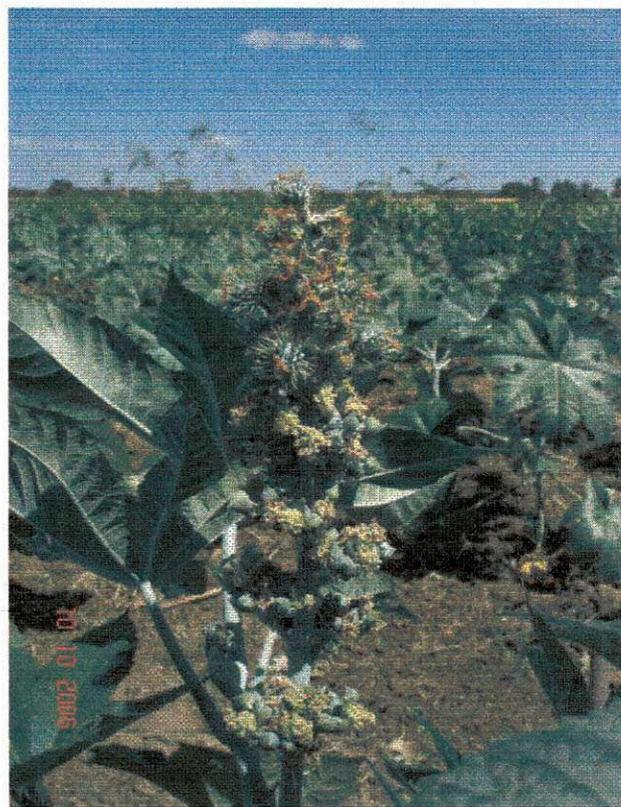
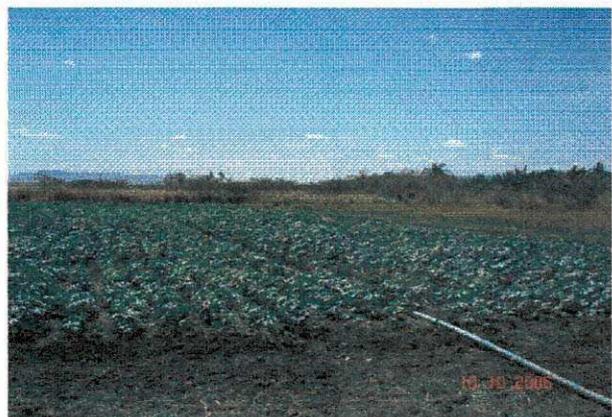
Detalhe da identificação da planta aos 40 DAG e vista da planta e da área aos 60 DAG



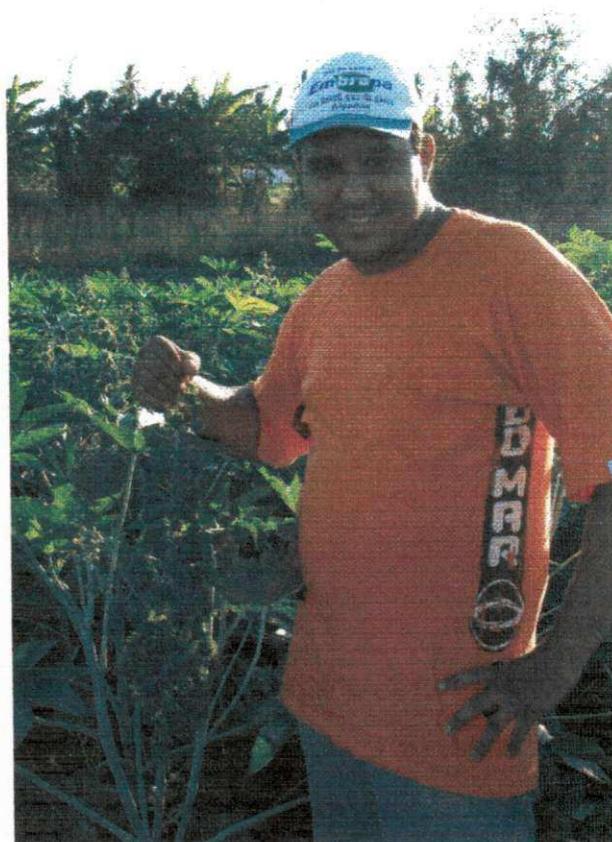
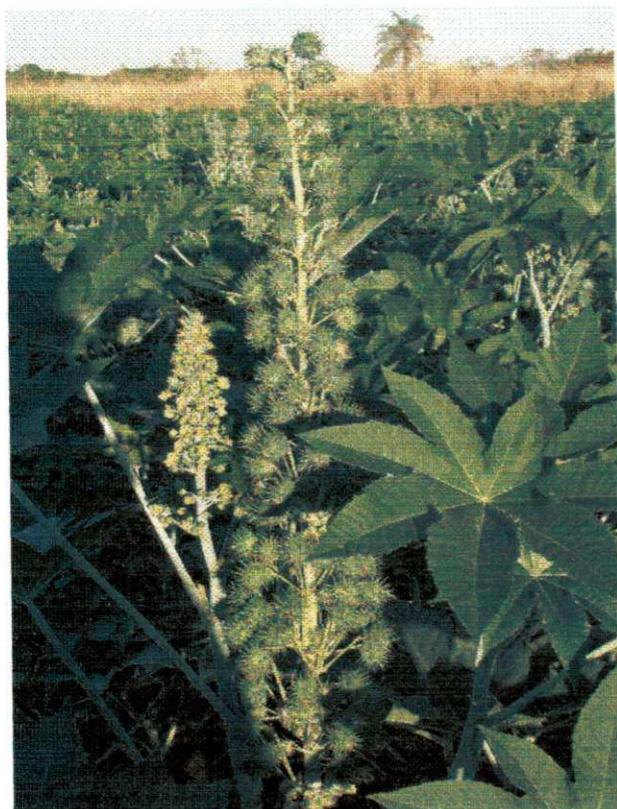
Vista da área aos 100 DAG com detalhe do 1° cachos seco e os 2° cachos em estágio maturação

**ANO 2006**

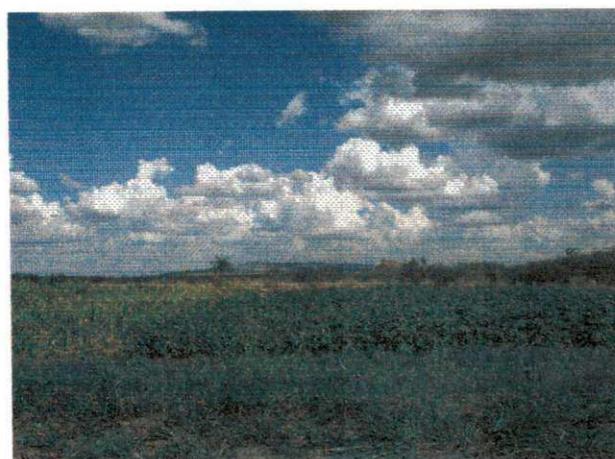
Visita Técnica na área aos 20 DAG pelo Pesquisador Tarcísio Gondim CNPA-EMBRAPA



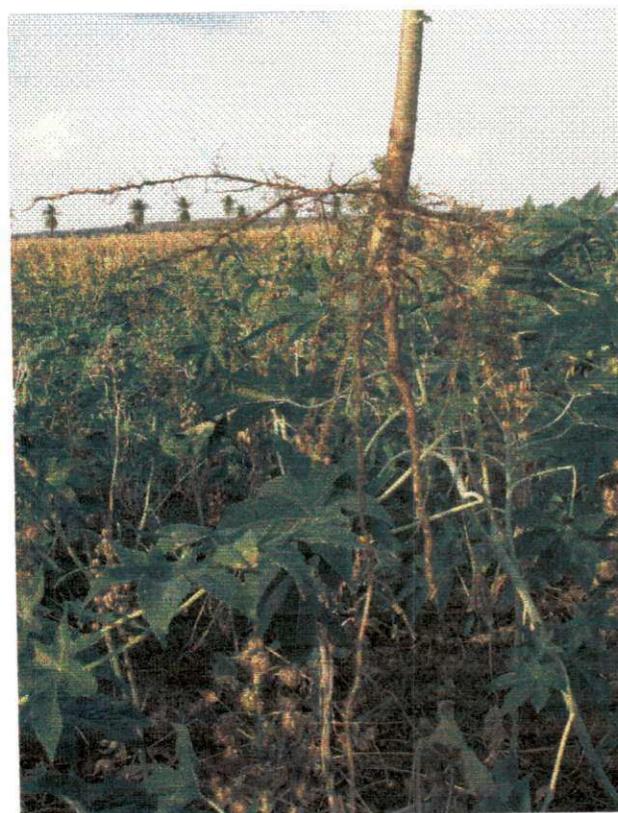
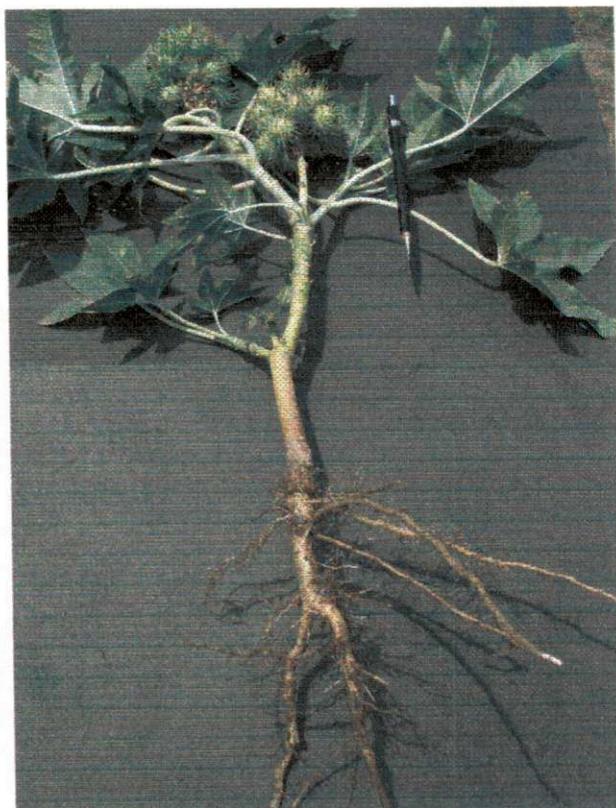
Distribuição da Linha Central de Aspersores na área experimental e detalhe da formação do 1º cacho da mamoneira aos 40 DAG



Referência de altura da planta para mamoneira cv BRS ENERGIA com 1° cacho formado e 2° cacho em formação aos 60 DAG



Visualização da área aos 80 DAG, observando a diminuição nas alturas das plantas da direita para a esquerda na área experimental



Estruturas das plantas que receberam lâminas diferenciadas, observando o tamanho dos cachos e do sistema radicular ao fim do experimento.