

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
MESTRADO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

PAULO SÉRGIO DE SOUSA

**PRODUÇÃO DE MAMONA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO E DENSIDADES DE PLANTIO NAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE MOSSORÓ, RN.**

**MOSSORÓ-RN
2008**

PAULO SÉRGIO DE SOUSA

**PRODUÇÃO DE MAMONA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO E DENSIDADES DE PLANTIO NAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE MOSSORÓ, RN.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, UFERSA, para a obtenção
do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Queiroz Porto
Filho

MOSSORÓ-RN
2008

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

S719p Sousa, Paulo Sérgio de.
 Produção de mamona sob diferentes lâminas de irrigação e
densidade plantio nas condições climáticas de Mossoró, RN /
Paulo Sérgio de Sousa. -- Mossoró, 2009.
 40f.: il.

 Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
 Orientador: Prof. Dr. Francisco de Queiroz Porto Filho.

 1. *Ricinus communis* L. 2. Irrigação.
3. Evapotranspiração. I. Título.

CDD: 634.651

PAULO SÉRGIO DE SOUSA

**PRODUÇÃO DE MAMONA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO E DENSIDADES DE PLANTIO NAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE MOSSORÓ, RN.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, UFRSA, para a obtenção
do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Queiroz Porto Filho - UFRSA
Presidente

Prof. Dr. José Francismar de Medeiros - UFRSA
Primeiro Membro

Dr. José Renato Cortez Pereira – CNPA/EMBRAPA
Segundo Membro

Ao meu pai João Batista, pelo esforço e sacrifício para educar-me, e, em especial, à minha mãe Maria do Socorro, por sua dedicação e confiança a mim oferecidos durante toda a vida. Aos meus irmãos Ceicinha e Emannel, por também contribuírem para minha formação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela existência, por ter me permitido chegar até aqui, e por sempre me recompensar com bons frutos o meu trabalho.

A UFERSA, pela oportunidade de formação pessoal, intelectual e profissional.

AO CNPq, por ter disponibilizado os recursos financeiros para execução do projeto.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores Porto Filho e Francismar, pela valiosa e honesta orientação.

Ao Doutor José Renato Cortez Pereira, por se dispor a participar da banca examinadora.

A Rogério Martinelli, Gestor Regional da EMATER de Umarizal, pela concessão do horário especial para término do curso de mestrado.

Aos colegas da turma, aqueles que partilharam a amizade tanto dentro com fora do curso.

A Jerônimo Neto, por dividir as atividades do experimento e a pela amizade desenvolvida.

Aos professores do curso, em geral, pelos ensinamentos técnicos transmitidos.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Características físico-hídricas e químicas do solo da área experimental para a camada 0-20 cm. Mossoró, RN, 2007.....	16
TABELA 2	Lâminas de irrigação aplicadas por tratamento em diferentes períodos de desenvolvimento da mamoneira. Mossoró, RN, 2007-2008.....	19
TABELA 3	Resumo da análise de variância para os componentes de rendimento da mamoneira (NMFRP – Número médio de frutos dos racemos principais; PMFRP – Peso médio do fruto dos racemos principais; NMFRS – número médio de frutos dos racemos secundários; PMFRS – Peso médio do fruto dos racemos secundários; NMRS – Número médio de racemos secundários por planta; PM100GRP – Peso médio de 100 grãos dos racemos principais; PM100GRS – Peso médio de 100 grãos dos racemos secundários) sob diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008.....	21
TABELA 4	Valores médios para os dados de componentes de rendimento da mamoneira (NMFRP – Número médio de frutos dos racemos principais; PMFRP – Peso médio do fruto dos racemos principais; NMFRS – número médio de frutos dos racemos secundários; PMFRS – Peso médio do fruto dos racemos secundários; NMRS – Número médio de racemos secundários por planta; PM100GRP – Peso médio de 100 grãos dos racemos principais; PM100GRS – Peso médio de 100 grãos dos racemos secundários) em função das densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008.....	22
TABELA 5	Valores médios para os dados de componentes de rendimento da mamoneira (NMFRP – Número médio de frutos dos racemos principais; PMFRS – Peso médio do fruto dos racemos secundários; PM100GRP – Peso médio de 100 grãos dos racemos principais e PM100GRS – Peso médio de 100 grãos dos racemos secundários) em função das lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. Dados não ajustados aos modelos polinomiais.....	22
TABELA 6	Resumo da análise de variância para rendimento da mamoneira (RFRP – Rendimento de frutos dos racemos principais; RFRS – Rendimento de frutos dos racemos secundários; RTF – Rendimento total de frutos; RGRP – Rendimento de grãos dos racemos principais; RGRS – Rendimento de grãos dos racemos secundários; RTG – Rendimento total de grãos) sob diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008.....	25

TABELA 7 Valores médios para os dados de rendimento da mamoneira (RFRP – Rendimento de frutos dos racemos principais; RFRS – Rendimento de frutos dos racemos secundários; RTF – Rendimento total de frutos; RGRP – Rendimento de grãos dos racemos principais; RGRS – Rendimento de grãos dos racemos secundários; RTG – Rendimento total de grãos) em função das densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008..... 26

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Dados de Temperaturas Média (TMédia), Máxima (TMáxima) e Mínima (TMínima), Umidade Relativa (UR), Velocidade do Vento a 10 m (Velocidade vento 10 m) e Evapotranspiração de referência (ETo) observados durante o ciclo da cultura da mamoneira. Mossoró, RN, 2007. Fonte: Estação do INMET, Mossoró, RN.....	17
FIGURA 2	Croqui da área experimental. Mossoró, RN, 2008.....	18
FIGURA 3	Número médio de frutos dos racemos secundários da mamoneira (NMFRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.....	23
FIGURA 4	Peso médio do fruto dos racemos principais da mamoneira (PMFRP) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.....	23
FIGURA 5	Número médio de racemos secundários por planta da mamoneira (NMRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.....	24
FIGURA 6	Rendimento de frutos dos racemos principais da mamoneira (RFRP) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.....	26
FIGURA 7	Rendimento de grãos dos racemos principais da mamoneira (RGRP) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008.....	27
FIGURA 8	Rendimento de frutos dos racemos secundários da mamoneira (RFRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.....	28
FIGURA 9	Rendimento de grãos dos racemos secundários da mamoneira (RGRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.....	28
FIGURA 10	Rendimento total de frutos da mamoneira (RTF) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.....	29
FIGURA 11	Rendimento total de grãos da mamoneira (RTG) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.....	30
FIGURA 12	Eficiência do uso da água (EUA) pela cultura da mamoneira sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 ASPECTOS GERAIS DA MAMONEIRA E CULTIVAR “BRS ENERGIA”.....	15
2.2 USOS DA MAMONEIRA.....	15
2.3 ZONEAMENTO AGRO-CLIMÁTICO DA MAMONEIRA.....	16
2.4 NECESSIDADES HÍDRICAS DA MAMONEIRA.....	16
2.5 IRRIGAÇÃO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA.....	17
2.6 DENSIDADES DE PLANTIO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	19
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	20
3.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	21
3.4 PLANTIO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	22
3.5 COLHEITAS, CARACTERÍSTICAS AVALIADAS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5 CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS.....	36

RESUMO

SOUSA, Paulo Sérgio de. **Produção de mamona sob diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio nas condições climáticas de Mossoró, RN.** 2008. 37f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2008.

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, município de Mossoró, RN, com o objetivo verificar o efeito de lâminas de irrigação e densidades de plantio sobre a produção da mamoneira, cultivar “BRS ENERGIA”. Para tanto, utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 5 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos das lâminas de irrigação (0,6; 0,8; 1,0; 1,2; e 1,4 da ETc) nas parcelas principais e as densidades de planta nas sub-parcelas formadas pelos arranjos 1,50 m x 0,30 m x 0,30 m (D₁ - 37.037 plantas ha⁻¹) e 1,50 m x 0,30 m x 0,40 m (D₂ - 27.778 plantas ha⁻¹). As parcelas principais tinham 18 m de comprimento, sendo 9 m para cada uma das densidades. As lâminas foram diferenciadas através do tempo de aplicação utilizando-se válvulas, sendo que cada uma das lâminas teve um sistema de distribuição de água independente. O rendimento de frutos dos racemos principais decresceu com as lâminas aplicadas e o rendimento dos racemos secundários (em frutos e em grãos) seguiu modelo polinomial quadrático. Quanto ao rendimento total, obteve-se 3.974 kg ha⁻¹ de frutos e 2.691 kg ha⁻¹ de grãos com irrigação baseada em 1,20 e 1,25 da ETc, respectivamente.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L. Irrigação. Evapotranspiração..

ABSTRACT

SOUSA, Paulo Sérgio de. **Production of castor under different irrigation levels and planting densities in the climatic conditions of Mossoró, Rio Grande do Norte State, Brazil.** 2008. 37f. Dissertation (Master's degree in Irrigation and Drainage) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2008.

The study was conducted at the Experimental Farm Rafael Fernandes, Mossoró city, Rio Grande do Norte State, Brazil, with the objective to verify the effect of irrigation levels and planting densities on the castor bean production, “BRS ENERGIA”. Thus, we used the experimental design in randomized blocks in a split-plot 5 x 2, with four replications. The treatments consisted of irrigation levels (0.6, 0.8, 1.0, 1.2 and 1.4 of ET_c) in main plots and plant densities in the sub-plots formed by arrangements 1.50 m x 0.30 m x 0.30 m (D₁ - 37,037 plants ha⁻¹) and 1.50 m x 0.30 m x 0.40 m (D₂ - 27,778 plants ha⁻¹). The main plots were 18 m in length, 9 m for each of the densities. The irrigation levels were differentiated by the application time using the tubes, each of which had a strip of the water distribution system independent. The main bunches fruits income decreased with the applied levels and the secondary bunches income (in fruits and grains) followed quadratic polynomial model. How much to the total income, was gotten 3,974 kg ha⁻¹ of fruits and 2,691 kg ha⁻¹ of grains with irrigation based on 1,20 and 1,25 of the etc, respectively.

Keywords: *Ricinus communis* L. Irrigation. Evapotranspiration.

1 INTRODUÇÃO

A mamoneira é cultivada comercialmente em mais de 15 países. A Índia e a China, os principais produtores de mamona em baga, respondem, conjuntamente, por 76% da área colhida e 82% da quantidade produzida mundialmente. O Brasil, apesar da recuperação observada, nas safras de 2004 e 2005, foi responsável por apenas 11% e 13% do montante produzido, respectivamente, ocupando a terceira posição (SANTOS e KOURI, 2006). Em nível nacional, o estado maior produtor é a Bahia (cerca de 90% da produção total), seguido por Piauí, Ceará, Pernambuco e Minas Gerais (IBGE, 2007).

Na busca de combustíveis menos poluentes, o uso do óleo de mamona traz benefícios ambientais e técnicos e representa uma grande oportunidade de desenvolvimento para zonas áridas e com má distribuição de riquezas, como o nordeste brasileiro. O óleo extraído das sementes desta planta já possui um mercado internacional crescente, garantido por 700 aplicações que incluem uso medicinal e em cosméticos e substituição do petróleo na fabricação de plásticos, lubrificantes e combustíveis. A criação desta demanda para o óleo de mamona proporcionará o aumento das áreas agrícolas exploradas com a cultura, gerando milhares de postos de trabalho diretos e indiretos (BELTRÃO et al., 2004).

Entretanto, sabe-se que a agricultura nesta região só mostra-se viável através do uso da irrigação. Dessa forma, buscam-se informações essenciais, como por exemplo, a lâmina de irrigação que atenda satisfatoriamente as necessidades hídricas das plantas e que proporcione a viabilidade econômica da exploração. Também a definição da população adequada de plantas é um passo importante, pois não envolve custos significativos, mas tem grande efeito sobre a produtividade.

Por outro lado, tais estudos com a cultura da mamona são ainda preliminares ou inexistentes, sobretudo nas condições de semi-árido brasileiro. Sobre irrigação, as poucas informações disponíveis limitam-se a experimentos com salinidade, efeitos de estresses hídricos (deficiência e excesso), época de suspensão da água e escolha do método de irrigação (BELTRÃO; SOUZA; SANTOS, 2003; LIMA et al., 2004; BELTRÃO, 2004; MOREIRA et al., 2007). São, portanto, escassos os estudos sobre otimização da lâmina de água aplicada na mamoneira.

Quanto às densidades de plantio, existem uma faixa larga de espaçamentos que são recomendados, sobretudo para condições de sequeiro e cultivares de porte médio e alto. Para as cultivares de porte anão e, sobretudo, para condições irrigadas tem-se preconizado a

utilização de maiores densidades de plantio, embora seja ainda muito poucas as informações, como também se sabe que os conhecimentos obtidos em uma região quase nunca podem ser extrapolados para outra, necessitando, desta forma, de validação local.

A literatura especializada recomenda o plantio da mamoneira em áreas zoneadas e considera como parâmetro principal para o zoneamento a altitude, onde se recomenda o seu cultivo em regiões altas (entre 300 e 1.500 m acima do nível do mar), para que a mesma expresse todo o seu potencial produtivo (BELTRÃO et al., 2003b). Entretanto, a produção de uma cultura pode está associada a diversos fatores, principalmente climáticos, como a escassez de chuvas, por exemplo, e aos tratos culturais que é dada a mesma. Assim, estudar a produção de mamona em áreas consideradas não adequadas e em regime de irrigação pode ser de oportuna contribuição para a viabilidade da exploração da mamoneira nestas regiões.

Considerando-se estes aspectos, objetivou-se, no presente trabalho, verificar o efeito de diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio sobre a produção da mamoneira, cultivar “BRS ENERGIA”, irrigada por gotejamento, sob condições de baixa altitude, no município de Mossoró, RN.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA MAMONEIRA E CULTIVAR

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), também conhecida como carrapateira, ricínio, palma christi e castor bean, pertence à família Euphorbiaceae. De origem tropical, a planta é proveniente da região Leste da África, provavelmente da Etiópia, tendo ocorrência natural desde a latitude 40° Norte até 40° Sul, sendo cultivada comercialmente em mais de 15 países (EMBRAPA-ALGODÃO, 2007). As plantas variam em suas características agrônômicas, como porte (pode ter de 1,8 m até acima de 5 m de altura), cor da folha e caule, tamanho da semente e conteúdo de óleo da semente. A mamoneira possui raízes laterais e uma pivotante que vai a 1,5 m de profundidade, caule redondo, liso, esverdeado e coberto com cera, folhas verde-escuro, grandes, com 5 a 11 lóbulos, flores em racemo terminal com flores masculinas, femininas e hermafroditas, com pólen viável por uma semana. Frutos ou cápsula tricoca, deiscente ou indeiscente, semente com cor e tamanho variados, com 40 a 49% de óleo que tem como componente maior o ácido ricinoléico (SEAGRI-BA, [s.d.]).

Entre as cultivares desenvolvidas pela EMBRAPA-ALGODÃO, chama-se a atenção para a “BRS ENERGIA”, utilizada no presente estudo. Destaca-se as seguintes características agrônômicas da cultivar: porte baixo, em torno de 1,40m, ciclo entre 120 e 150 dias, caule verde com cera, cachos cônicos com tamanho médio de 60 cm, frutos verdes com cera e indeiscentes. As sementes pesam entre 0,40g e 0,53g com as cores marrom e bege, contendo 48% de óleo. A produtividade média experimental foi de 1.500 kg ha⁻¹, em regime de sequeiro, plantada em espaçamentos de 1x1m (EMBRAPA-ALGODÃO, 2007).

2.2 USOS DA MAMONEIRA

Do ponto de vista agrícola, toda a planta pode ser aproveitada. Os restos culturais podem ser incorporados ao solo; as folhas usadas como alimentação do bicho da seda; do seu caule pode-se extrair fibras para confecção de tecidos grosseiros; a torta se passada por um processo de desintoxicação pode ser utilizada na alimentação animal e como adubação orgânica. O óleo extraído das sementes da mamoneira é uma matéria prima de aplicações

únicas na indústria química devido a características peculiares de sua molécula que lhe fazem o único óleo vegetal naturalmente hidroxilado, além de uma composição com predominância de um único ácido graxo, ricinoléico, o qual lhe confere as propriedades químicas atípicas (AZEVEDO et al., 1997).

2.2 ZONEAMENTO AGRO-CLIMÁTICO DA MAMONEIRA

De acordo com Beltrão (2001) a mamona requer clima tropical, com temperatura média do ar entre 20 e 30° C, altitude entre 300 a 1500 m e precipitação de pelo menos 500 mm no ciclo da cultura para produzir entre 1.000 a 1.500 kg ha⁻¹ de baga em regime de sequeiro, para as cultivares de ciclo médio de 230 dias, disponíveis na atualidade, como a BRS 149 Nordestina e a BRS 188 Paraguaçu.

A cidade de Mossoró por apresentar umidade relativa do ar de 67%, temperatura média do ar de 27° C, precipitação pluviométrica média anual de 778 mm e altitude de 18 m, não atenderia às exigências climáticas recomendadas pela Embrapa - Algodão para a cultura da mamona, por estar abaixo dos 300 m recomendados (BELTRÃO et al., 2003b). No entanto, com a utilização de cultivares mais produtivos, adoção de tecnologias e tratamentos culturais que incrementem a produtividade, acredita-se que é possível produzir satisfatoriamente mamona nestas regiões abaixo de 300 m de altitude.

2.3 NECESSIDADES HÍDRICAS DA MAMONEIRA

Em condições de sequeiro a cultura exige pluviosidade entre 600 e 700 mm bem distribuídos durante todo o ciclo para obtenção de rendimentos em torno de 1.500 kg ha⁻¹ (BELTRÃO e SILVA, 1999). A maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa, produzindo com viabilidade econômica em áreas onde a precipitação pluviométrica mínima até o início da floração esteja entre 400 e 500 mm (TÁVORA, 1982). A disponibilidade hídrica no início e durante a fase vegetativa é fundamental para o bom estabelecimento e desempenho da cultura (CARVALHO, 2005).

Por outro lado, a escassez e a irregularidade pluviométrica no nordeste, especificamente no semi-árido, são os principais fatores limitantes da produção de mamona. Assim, o uso da irrigação vem como fator de compensação destes problemas, minimizando os

riscos e aumentando a produtividade. O suprimento adequado por meio da irrigação favorece os processos de crescimento, floração e frutificação da planta, o que acarreta em aumento da produtividade e melhoria da qualidade do fruto (OLIVEIRA; BEZERRA; OLIVEIRA, 1999).

2.4 IRRIGAÇÃO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA

A partir de vários experimentos em outros países, Baranov (1986), confirmou que a mamoneira responde bem a irrigação, com incrementos bastante consideráveis, de até oito vezes a mais que o cultivo em sequeiro. Em outros trabalhos, realizados em condições de clima mediterrâneo, utilizando duas cultivares de mamona irrigada, Koutroubas; Papakosta; Doitsinis (2000) encontraram produtividades de até 4.049 kg ha⁻¹, correspondendo a aumento de produtividade cerca de quatro vezes a obtida sem irrigação. Também verificaram que dependendo da cultivar, a lâmina de irrigação calculada em base de 75% da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) já foi suficiente para se ter rendimento máximo. Estudos como estes se tornam cada vez mais importantes, uma vez que informações sobre o cultivo da mamoneira sob condições de irrigação são ainda preliminares.

2.5. DENSIDADES DE PLANTIO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA

Godim et al (2004), avaliando o comportamento e produtividade dos materiais CSRN-2 e CSRN-142 em condições irrigadas e sob adensamento populacional, variando entre 16 mil e 45 mil plantas ha⁻¹, utilizando três espaçamentos (0,60m; 0,83m e 1,05m) e três densidades (0,37m; 0,48m e 0,60m), verificaram que o genótipo CSRN-142 obteve produtividade máxima de 3.494 kg ha⁻¹ em cultivo irrigado, plantado na configuração de 0,6m x 0,37m, com altura de 131 cm em média (porte médio) e produziu 3,3 cachos por planta. O genótipo CSRN-2 obteve produtividade máxima de 1.719 kg ha⁻¹ em cultivo irrigado, plantado na configuração de 0,83 x 0,6m, sua altura foi de 79 cm em média (porte anão) e produziu 2,3 cachos por planta. Embora não tenha sido detectado efeito significativo, o adensamento apresentou tendência de aumento de produtividade, aumento de altura (no genótipo de porte médio) e diminuição no número de cachos por planta. Silva et al. (2008 a), estudando o efeito de quatro densidades de plantio (35.460, 39.682, 45.049 e 52.083 plantas ha⁻¹) sobre a produção da “BRS ENERGIA” encontraram que a menor população proporcionou a maior

produção dos racemos secundários. Em outro trabalho SILVA et al. (2008 b) não encontraram diferenças entre as populações quanto aos componentes de produção. Isto mostra a importância da definição da população de plantas ótima para obtenção de aumentos na produtividade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental da Fazenda Rafael Fernandes (latitude 5° 03' 40'' Sul, longitude 37° 23' 51'' Oeste e altitude 72 m), comunidade de Alagoinha, Mossoró, RN. O solo da área é um Latossolo Vermelho Amarelo, de textura franco-arenosa, cujas características físico-hídricas e químicas encontram-se na Tabela 01. O clima da região é semi-árido, segundo Thornthwait, com pouco ou nenhum excesso de água; e de acordo com Koeppen é BSw^h, seco e muito quente, com uma estação seca, que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO e OLIVEIRA, 1995). Os dados climáticos verificados durante o experimento estão apresentados na Figura 01, com médias durante esse período de temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa, velocidade do vento a 10 m de altura e evapotranspiração de referência calculada pela equação de Penman-Monteith FAO, respectivamente, de 28,3 °C, 34,7 °C, 23,5 °C, 57,2%, 4,4 m s⁻¹ e 7,1 mm dia⁻¹.

Tabela 01. Características físico-hídricas e químicas do solo da área experimental para a camada 0-20 cm. Mossoró, RN, 2007.

Parâmetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	K ⁺	Na ⁺	P
	cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³
Valor	2,50	1,90	0,05	0,26	0,30	66
Parâmetro	pH	Densidade*		Granulometria		
		Dp	Dg	Areia	Silte	Argila
	-	g cm ⁻³			g kg ⁻¹	
Valor	7,10	2,62	1,53	820	40	140

* Dp – Densidade das partículas; Dg - Densidade global.

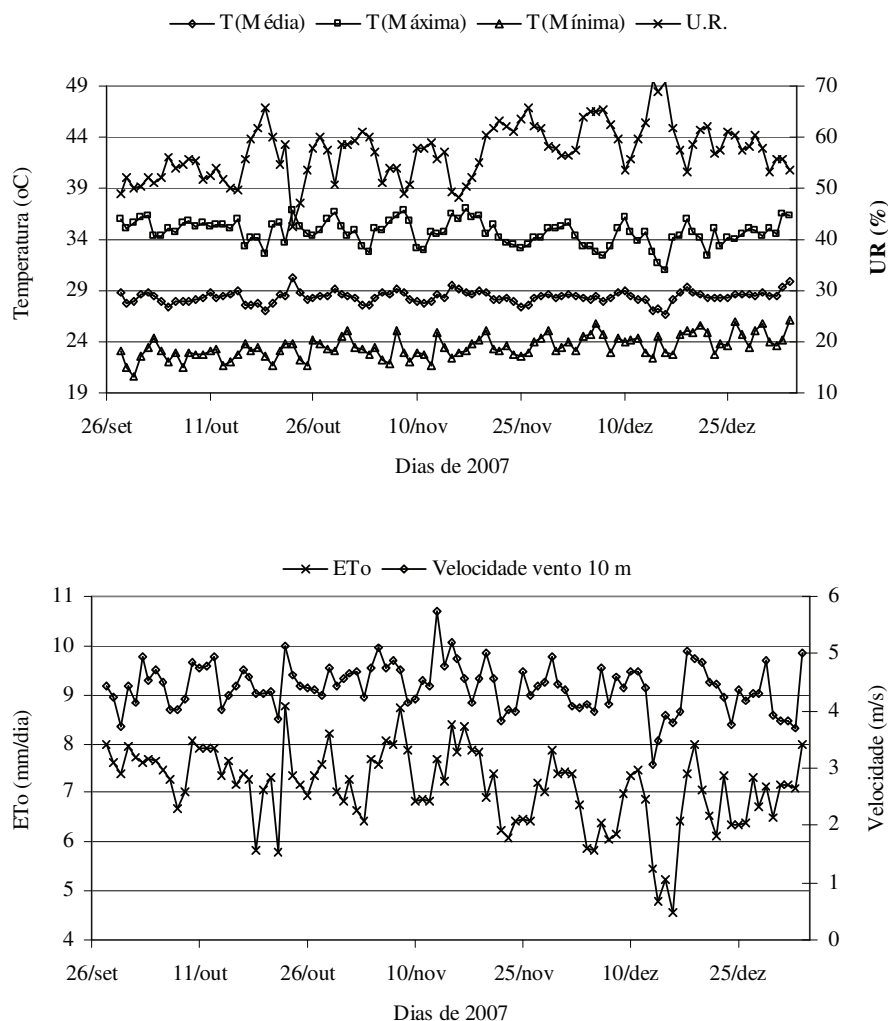


Figura 01. Dados de Temperaturas Média (TMédia), Máxima (TMáxima) e Mínima (TMínima), Umidade Relativa (UR), Velocidade do Vento a 10 m (Velocidade vento 10 m) e Evapotranspiração de referência (ETo) observados durante o ciclo da cultura da mamoneira. Mossoró, RN, 2007. Fonte: Estação do INMET, Mossoró, RN.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-divididas 5 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos das lâminas de irrigação (0,6; 0,8; 1,0; 1,2; e 1,4 da ETc) nas parcelas principais e as densidades de planta nas sub-parcelas formadas pelos arranjos, em fileiras duplas, 1,50 m x 0,30 m x 0,30 m (D₁ - 37.037 plantas ha⁻¹) e 1,50 m x 0,30 m x 0,40 m (D₂ - 27.778 plantas ha⁻¹). As parcelas

principais tinham 18 m de comprimento, sendo 9 m para cada uma das densidades. O croqui experimental encontra-se na Figura 02. As lâminas foram diferenciadas através do tempo de aplicação utilizando-se válvulas, sendo que cada uma das lâminas teve um sistema de distribuição de água independente. A parcela útil correspondeu as duas fileiras internas das duas fileiras duplas, com exceção das duas plantas das extremidades das fileiras.

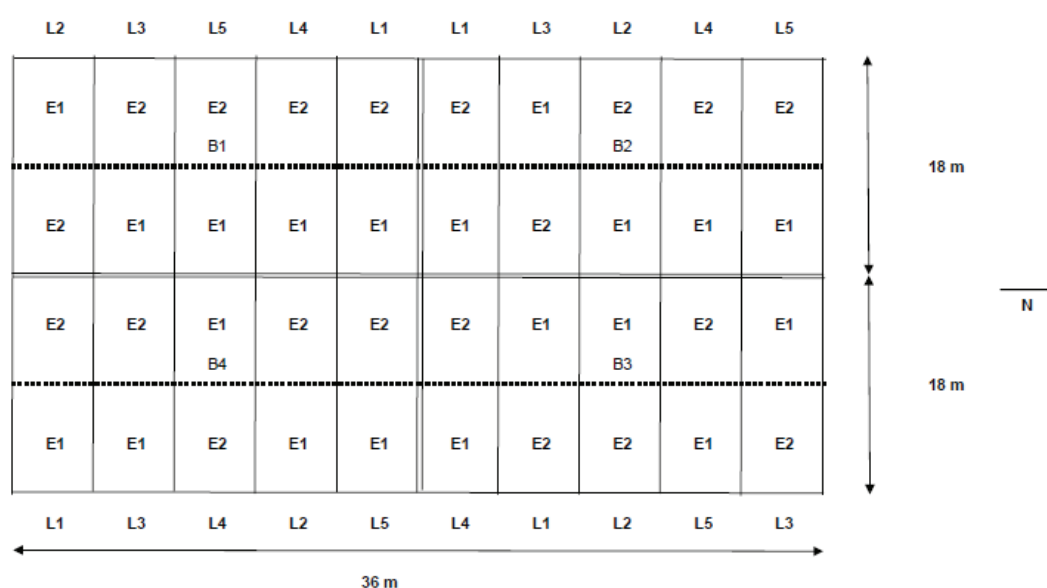


Figura 02. Croqui da área experimental. Mossoró, RN, 2008.

3.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A área foi irrigada através de um sistema de irrigação localizada, por gotejamento, com uma linha lateral por duas fileiras de plantas e emissores de $1,5 \text{ L h}^{-1}$ espaçados de 0,30 m, operando sob pressão de serviço de 100 kPa. As necessidades hídricas diárias da cultura para o tratamento padrão (100% da ET_c) foram determinadas usando a equação de Penman-Monteith-FAO para cálculo da ET_o , conforme apresentado em Allen et al. (1998), utilizando dados da estação meteorológica do INMET (distante 20 km do experimento). Para determinação do coeficiente de cultura (K_c), além do apresentado pela FAO, adotando-se o procedimento do K_c dual, foram considerados os valores determinados por Curi e Campelo Júnior (2004). O comprimento das fases fenológicas foi ajustado conforme medições do fator de cobertura, considerando-se até 10% de cobertura para a Fase I e até 80% de cobertura para

Fase III. As lâminas de irrigação aplicadas por tratamento em diferentes períodos do ciclo da cultura estão apresentadas na Tabela 02.

A cultura foi irrigada até os 95 DAP, ocorrendo a diferenciação dos regimes de irrigação conforme o tratamento aos 25 DAP. A precipitação efetiva foi assumida como 20% da precipitação pluviométrica total e que este valor nunca fosse superior a 8 mm. Utilizou-se uma eficiência de irrigação de 91%. A água de irrigação foi proveniente de poço profundo e apresentou condutividade elétrica de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$. As irrigações foram diárias e a umidade do solo foi monitorado através da instalação de tensiômetros em todas as parcelas de dois blocos experimentais, às profundidades de 0,15; 0,30 e 0,45 m e localizadas num raio de 0,15 m de uma planta de cada parcela, num total de 60 tensiômetros.

Tabela 02 - Lâminas de irrigação aplicadas por tratamento em diferentes períodos de desenvolvimento da mamoneira. Mossoró, RN, 2007-2008.

Período (DAP)	Lâmina aplicada (mm)					ET _o (mm)
	0,6 ET _c	0,8 ET _c	1,0 ET _c	1,2 ET _c	1,4 ET _c	
Pré-irrig*	28,88	28,88	28,88	28,88	28,88	-
1-25*	164,08	164,08	164,08	164,08	164,08	176,43
26-40	55,94	74,58	93,23	111,88	130,52	102,10
41-55	66,99	89,32	111,64	133,97	156,30	107,09
56-70	56,16	74,87	93,59	112,31	131,03	96,80
71-85	51,89	69,19	86,49	103,79	121,09	96,80
86-95	29,41	39,22	49,02	58,83	68,63	100,62
Precipitação	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	
Total (1-95)	430,67	517,46	604,26	691,06	777,85	679,84

* Sem diferenciação das lâminas entre os tratamentos.

3.4 PLANTIO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A área plantada foi de 0,14 ha, utilizando cultivar de mamona “BRS ENERGIA”.

O plantio ocorreu no dia 29 setembro 2007 em área preparada por uma aração e gradagem, com três sementes por cova para posterior desbaste aos 20 DAP para uma planta por cova. Não foi feita nenhuma adubação de fundação. As plantas foram adubadas por fertirrigação, no decorrer do ciclo, segundo análise química do solo e de acordo com

exigências nutricionais da cultura (SEVERINO et al., 2005). Os nutrientes foram aplicados duas vezes por semana, entre o 25º e o 76º dia do ciclo, totalizando: 201 kg ha⁻¹ de uréia; 118 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio; 43 kg ha⁻¹ de nitrato de cálcio; 3,7 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio; 17,2 L ha⁻¹ de ácido fosfórico e 25,1 L ha⁻¹ de ácido nítrico, correspondendo a 100 kg ha⁻¹ de N, 12 kg ha⁻¹ de P e 71 kg ha⁻¹ de K.

Os tratos culturais e fitossanitários necessários seguiram as recomendações da EMBRAPA-ALGODÃO para a mamoneira. A cultura foi mantida livre de plantas daninhas durante o período considerado crítico através de três capinas manuais até o 39º DAP. O controle da mosca minadora (preventivo) foi realizado através de duas aplicações, aos 16 e 23 DAP, utilizando-se produtos específicos à base de *cloridrato de cartape* e *ciromazina*.

3.5 COLHEITAS, CARACTERÍSTICAS AVALIADAS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As colheitas foram realizadas ao longo dos meses de dezembro de 2007 e janeiro de 2008 à medida que 60% dos frutos dos cachos apresentavam-se secos. Os frutos e grãos foram pesados em balança digital (precisão de 0,01 g) e a umidade foi mensurada a partir de um medidor digital G 600 da GEHAKA (precisão na indicação da umidade de 0,5%).

Foram tomados dados referentes aos componentes de produção: número médio de frutos dos racemos principais (NMFRP) e secundários (NMFRS); peso médio de frutos dos racemos principais (PMFRP) e secundários (PMFRS), expressos em g; número médio de racemos secundários por planta (NMRS); peso médio de 100 grãos dos racemos principais (PM100GRP) e secundários (PM100GRS), também expressos em g. Para o rendimento foram verificados: rendimento de frutos dos racemos principais (RFRP) e secundários (RFRS) e rendimento total de frutos (RTF), rendimento de grãos dos racemos principais (RGRP) e secundários (RGRS) e rendimento total de grãos (RTG), expressos em kg ha⁻¹ e corrigidos para uma umidade de 11%. Além destas variáveis, foi avaliada a eficiência do uso da água (EUA), expressa em kg ha⁻¹ mm⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias do fator densidades comparadas através do teste t a 0,05 de probabilidade e os efeitos das lâminas foram avaliadas por análise de regressão, utilizando o desdobramento dos graus de liberdade dos polinômios ortogonais. Para tanto, utilizaram-se os softwares SISVAR, versão 5.0 (FERREIRA, 2003) e SAEG, versão 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de variância (Tabela 03), verifica-se efeito significativo dos regimes de irrigação apenas em relação ao número médio de racemos de segunda ordem. Já para as densidades de plantio, houve diferenças entre as mesmas quanto a NMFRP, PMFRP e NMRS, onde a menor população de plantas proporcionou maiores valores nestas variáveis (Tabela 04). Não se observou, entretanto, interação significativa lâmina *versus* densidade entre os tratamentos estudados para todas as variáveis.

Tabela 03 - Resumo da análise de variância para os componentes de rendimento da mamoneira (NMFRP – Número médio de frutos dos racemos principais; PMFRP – Peso médio do fruto dos racemos principais; NMFRS – número médio de frutos dos racemos secundários; PMFRS – Peso médio do fruto dos racemos secundários; NMRS – Número médio de racemos secundários por planta; PM100GRP – Peso médio de 100 grãos dos racemos principais; PM100GRS – Peso médio de 100 grãos dos racemos secundários) sob diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008.

Fonte de variação	de GL	Quadrados Médios						
		NMFRP	PMFRP	NMFRS	PMFRS	NMRS	PM100GRP	PM100GRS
Bloco	03	12,30 ^{n.s.}	19,42 ^{n.s.}	4,44 ^{n.s.}	0,002 ^{n.s.}	0,39 ^{n.s.}	11,30 ^{n.s.}	19,90 ^{n.s.}
Lâmina	04	21,52 ^{n.s.}	86,66 ^{n.s.}	15,47 ^{n.s.}	0,021 ^{n.s.}	2,62 ^{**}	4,29 ^{n.s.}	10,62 ^{n.s.}
Erro I	12	18,40	45,75	12,17	0,034	0,19	10,54	7,56
Densidade	01	322,57 ^{**}	862,06 ^{**}	5,16 ^{n.s.}	0,001 ^{n.s.}	5,84 ^{**}	3,04 ^{n.s.}	1,29 ^{n.s.}
Interação	04	48,18 ^{n.s.}	40,69 ^{n.s.}	13,44 ^{n.s.}	0,070 ^{n.s.}	0,21 ^{n.s.}	4,96 ^{n.s.}	3,51 ^{n.s.}
Erro II	15	23,35	32,52	8,68	0,036	0,12	6,09	7,43
Total	39							
CV		11,51	10,49	16,09	13,90	14,12	8,17	10,81

** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ^{n.s.} não significativo, pelo teste F.

Tabela 04 - Valores médios para os dados de componentes de rendimento da mamoneira (NMFRP – Número médio de frutos dos racemos principais; PMFRP – Peso médio do fruto dos racemos principais; NMFRS – número médio de frutos dos racemos secundários; PMFRS – Peso médio do fruto dos racemos secundários; NMRS – Número médio de racemos secundários por planta; PM100GRP – Peso médio de 100 grãos dos racemos principais; PM100GRS – Peso médio de 100 grãos dos racemos secundários) em função das densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008.

Densidades**	Médias*						
	NMFRP	PMFRP	NMFRS	PMFRS	NMRS	PM100GRP	PM100GRS
	-	g	-	g	-	G	g
D ₁	39,14 b	49,75 b	17,95 a	1,36 a	2,06 b	30,49 a	25,05 a
D ₂	44,82 a	59,03 a	18,67 a	1,37 a	2,82 a	29,94 a	25,41 a
DMS	3,25	3,84	1,98	0,13	0,23	1,66	1,84

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de t, a 0,05 de probabilidade; ** D₁ - 37.037 plantas ha⁻¹ e D₂ - 27.778 plantas ha⁻¹.

Não se verificou regressão significativa quanto ao número médio de frutos dos racemos principais (Tabela 05), com média de 42 frutos por racemo, sendo o maior e o menor valor desta característica obtido com o menor e o maior nível de irrigação, respectivamente. Por outro lado, os resultados dos racemos secundários (Figura 03) se ajustaram significativamente a uma equação quadrática, obtendo-se 19 frutos para a lâmina relativa de 100% (L₃). Este tratamento superou os regimes de 60% e 140% da ETc em 3,1 e 2,0, nesta ordem.

Tabela 05 – Valores médios para os dados de componentes de rendimento da mamoneira (NMFRP – Número médio de frutos dos racemos principais; PMFRS – Peso médio do fruto dos racemos secundários; PM100GRP – Peso médio de 100 grãos dos racemos principais e PM100GRS – Peso médio de 100 grãos dos racemos secundários) em função das lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. Dados não ajustados aos modelos polinomiais.

Lâmina (% ETc)	NMFRP	PMFRS	PM100GRP	PM100GRS
	-	g	g	g
60	44,70	1,36	29,08	26,72
80	41,48	1,28	30,98	25,99
100	41,01	1,41	30,29	23,76
120	42,18	1,36	30,71	24,70
140	40,52	1,39	30,04	24,97
Média	41,98	1,36	30,22	25,23

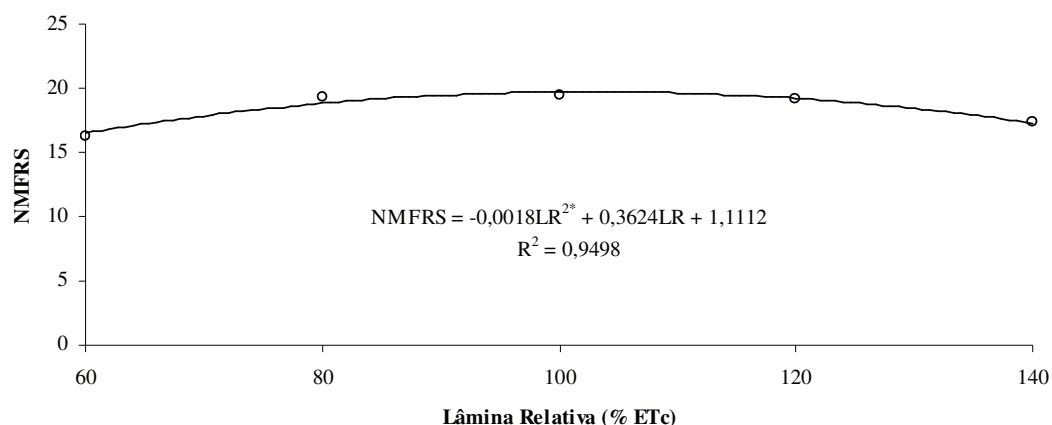


Figura 03 - Número médio de frutos dos racemos secundários da mamoneira (NMFRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Com relação ao peso médio do fruto dos racemos principais (Figura 04), observa-se que os dados seguiram uma função de 1º grau, ocorrendo diminuição na variável com o aumento das lâminas aplicadas. Já para o peso médio do fruto dos racemos secundários (Tabela 05), não se observou efeito significativo para os modelos linear e quadrático, sendo as diferenças entre os tratamentos mínimas e apresentando média de 1,4 g.

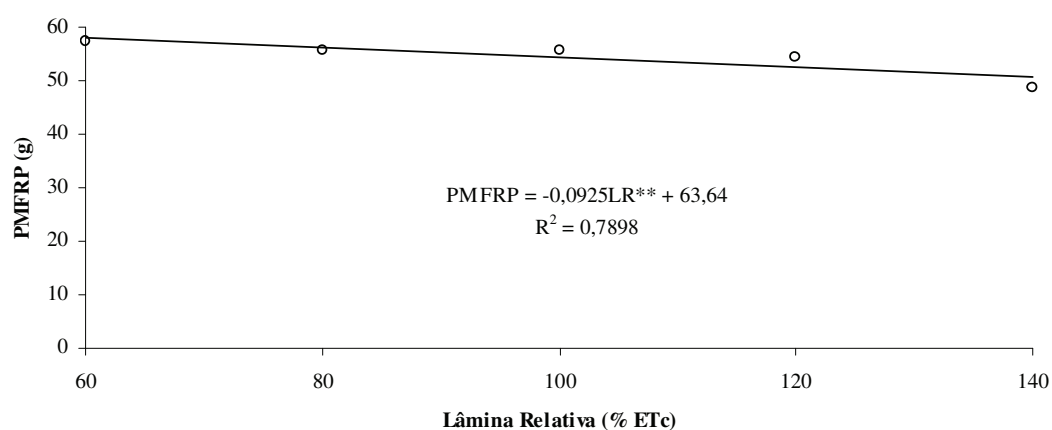


Figura 04 - Peso médio do fruto dos racemos principais da mamoneira (PMFRP) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.

Considerando-se o número de racemos secundários por planta, constata-se que a equação de melhor ajuste da variável à quantidade de água aplicada foi linear e crescente, indicando que o incremento na lâmina de irrigação favoreceu o aumento no número de racemos (Figura 05), onde houve acréscimo de 1,4 racemos entre as plantas irrigadas com 140% e 60% da ETc.

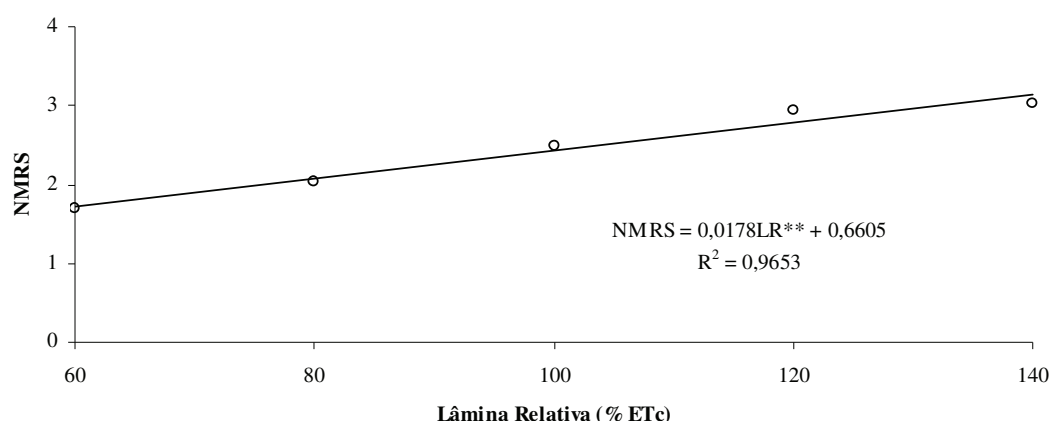


Figura 05 - Número médio de racemos secundários por planta da mamoneira (NMRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.

Não houve ajuste dos dados do peso médio de 100 grãos para os racemos principais e racemos secundários às lâminas de irrigação, com valores médios, respectivamente, de 30 e 25 (Tabela 05).

Através dos valores dos quadrados médios (Tabela 06), observa-se efeito altamente significativo, a 0,01 de probabilidade, das lâminas de irrigação para rendimento de frutos dos racemos secundários (RFRS e RGRS) e rendimento total (RTF e RTG). Por outro lado, as densidades diferiram entre si quanto ao rendimento de frutos e de grãos dos racemos principais, sendo as maiores produtividades obtidas quando se utilizou as maiores densidades de plantio, enquanto que, para o rendimento total (em frutos e em grãos) não se observou diferenças significativas entre as densidades (Tabela 07). Ainda, pela análise de variância, verifica-se que a interação lâmina *versus* densidade foi não significativa, indicando existir independência entre os efeitos dos fatores para as variáveis estudadas.

As análises de regressão para o rendimento de frutos dos racemos principais demonstraram haver ajuste dos dados a uma equação linear e decrescente com as lâminas

aplicadas, não sendo possível, portanto, maximizar a variável com os tratamentos estudados (Figura 06).

O maior rendimento dos racemos principais (1.834 kg ha^{-1}) correspondeu a 60% do rendimento total, obtido com o menor regime de irrigação (0,6 da ETc). Este valor é similar ao registrado por VIJAYA KUMAR et al. (1997), em experimento com mamona, que foi de 59%. Entretanto, com o aumento da lâmina, a participação da produtividade dos racemos de primeira ordem sobre a produtividade total diminuiu, corroborando com as informações de FREITAS et al. (2008). Verifica-se, assim, coerência entre o encontrado neste experimento e a literatura consultada.

Tabela 06 - Resumo da análise de variância para rendimento da mamoneira (RFRP – Rendimento de frutos dos racemos principais; RFRS – Rendimento de frutos dos racemos secundários; RTF – Rendimento total de frutos; RGRP – Rendimento de grãos dos racemos principais; RGRS – Rendimento de grãos dos racemos secundários; RTG – Rendimento total de grãos) sob diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		RFRP	RFRS	RTF	RGRP	RGRS	RTG
Bloco	03	18949,5 ^{n.s.}	116838,2 ^{n.s.}	228947,8 ^{n.s.}	9914,3 ^{n.s.}	58510,2 ^{n.s.}	115826,7 ^{n.s.}
Lâmina	04	89525,4 ^{n.s.}	1904289,0 ^{**}	1463043,0 ^{**}	21822,2 ^{n.s.}	919599,0 ^{**}	817717,5 ^{**}
Erro I	12	46817,8	68533,1	186412,0	25689,2	33307,7	90379,4
Densidade	01	410957,4 ^{**}	195793,6 ^{n.s.}	39431,6 ^{n.s.}	168657,4 ^{**}	106712,1 ^{n.s.}	7057,9 ^{n.s.}
Interação	04	42229,8 ^{n.s.}	214254,7 ^{n.s.}	237701,1 ^{n.s.}	23080,2 ^{n.s.}	98213,4^{n.s.}	106811,3 ^{n.s.}
Erro II	15	33052,1	47320,7	119240,1	15586,1	24527,5	60336,8
Total	39						
CV		10,44	11,47	9,49	10,55	12,48	10,08

** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ^{n.s.} não significativo a 0,05 de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 07 - Valores médios para os dados de rendimento da mamoneira (RFRP – Rendimento de frutos dos racemos principais; RFRS – Rendimento de frutos dos racemos secundários; RTF – Rendimento total de frutos; RGRP – Rendimento de grãos dos racemos principais; RGRS – Rendimento de grãos dos racemos secundários; RTG – Rendimento total de grãos) em função das densidades de plantio. Mossoró, RN, 2008.

Densidades**	Médias (kg ha ⁻¹)*					
	RFRP	RFRS	RTF	RGRP	RGRS	RTG
D ₁	1.842,52 a	1.827,29 a	3.669,81 a	1.247,83 a	1.202,92 a	2.450,75 a
D ₂	1.639,80 b	1.967,21 a	3.607,01 a	1.117,96 b	1.306,22 a	2.424,18 a
DMS	122,36	146,41	232,41	84,03	105,41	165,33

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste t, a 0,05 de probabilidade; ** D₁ - 37.037 plantas ha⁻¹ e D₂ - 27.778 plantas ha⁻¹.

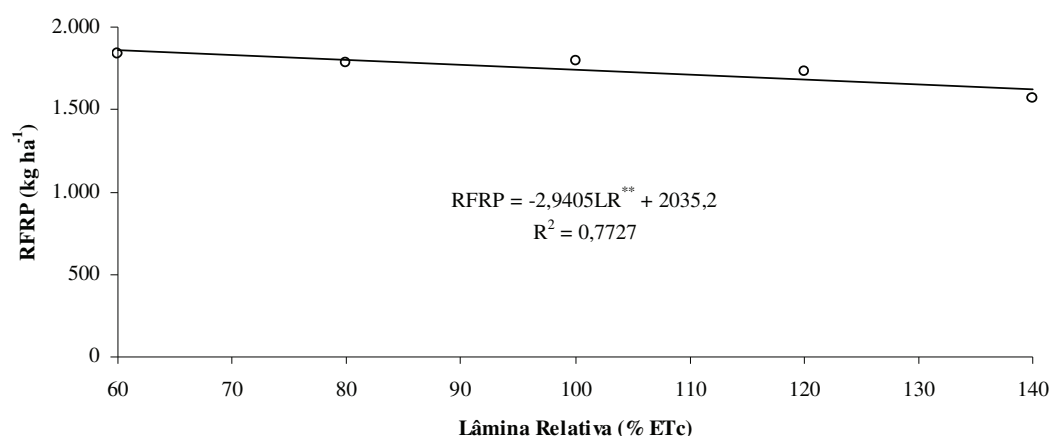


Figura 06 - Rendimento de frutos dos racemos principais da mamoneira (RFRP) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.

Já para o rendimento de grãos, não houve ajuste dos racemos primários a nenhum dos modelos propostos (linear, quadrático e cúbico) em função das quantidades de água aplicadas. Mesmo assim, também se verificou que o maior e menor rendimento foi obtido com o menor e o maior regime de irrigação, respectivamente, com média de 1.183 kg ha⁻¹ (Figura 07).

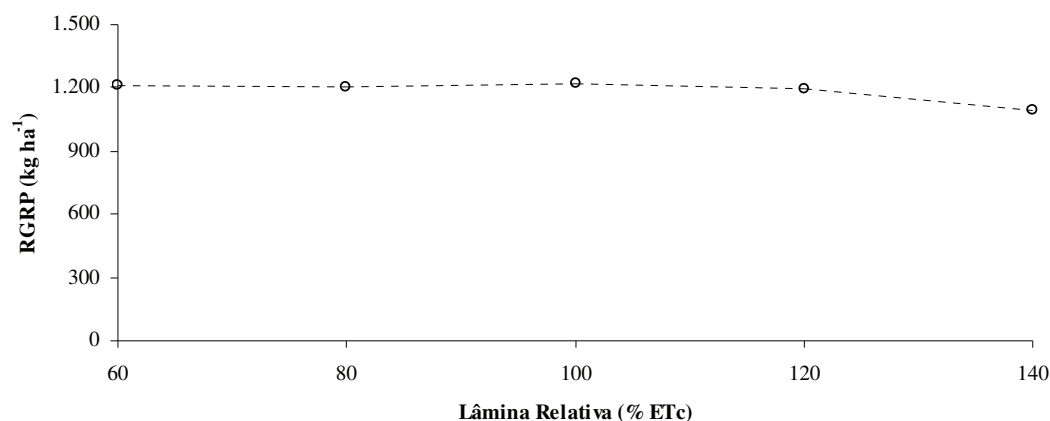


Figura 07 - Rendimento de grãos dos racemos principais da mamoneira (RGRP) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008.

A produção dos racemos secundários (em frutos - RFRS e em grãos - RGRS) seguiu modelo polinomial quadrático em função das quantidades de água aplicadas, sendo as lâminas de 1,34 e 1,37 da ETc responsáveis pela maximização de 2.309 kg ha⁻¹ de frutos e 1.551 kg ha⁻¹ de grãos, respectivamente (Figuras 08 e 09).

Os racemos de segunda ordem contribuíram com o maior percentual no rendimento total à medida que se utilizaram maiores lâminas. DIAS et al. (2006), trabalhando com quatro quantidades de água na mamoneira, encontraram reduções drásticas no rendimento dos racemos de 2ª ordem quando da aplicação dos dois menores níveis de irrigações, provocando redução na produtividade total. Resultados semelhantes foram verificados no presente trabalho com os regimes de 0,6 e 0,8 da ETc. De fato, outras literaturas (SAVY FILHO et al., 1990; CORREA; TAVORA; PITOMBEIRA, 2006) confirmam que a produtividade dos racemos secundários representam o maior percentual do rendimento total.

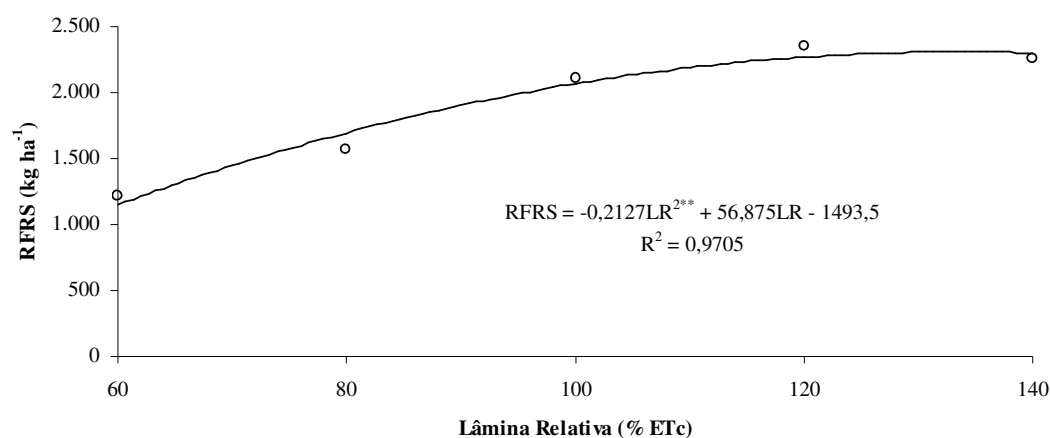


Figura 08 - Rendimento de frutos dos racemos secundários da mamoneira (RFRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.

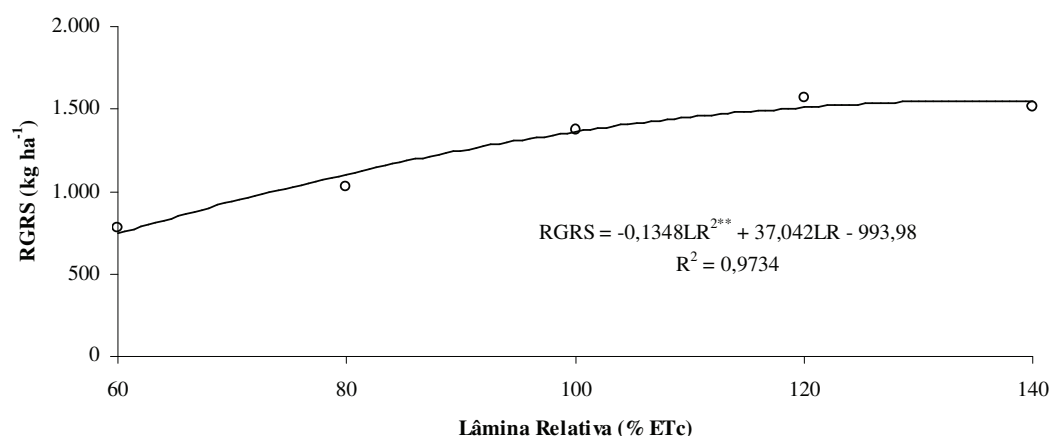


Figura 09 - Rendimento de grãos dos racemos secundários da mamoneira (RGRS) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.

As curvas de resposta do rendimento total de frutos e de grãos aos níveis de irrigação aplicados estão apresentadas nas Figuras 10 e 11, respectivamente, verificando-se, para ambas variáveis, ajuste dos dados a equações quadráticas. Obteve-se, teoricamente, 3.974 kg ha⁻¹ de frutos e 2.691 kg ha⁻¹ de grãos com irrigação baseada em 1,20 e 1,25 da ETc, nesta ordem.

Assim, nas condições em que se realizou o experimento, as lâminas que maximizaram o rendimento total foram superiores a lâmina padrão.

Constata-se, de igual modo, na literatura consultada redução da produtividade da mamoneira à medida que a quantidade aplicada se afasta do ótimo, resultante das condições de déficit ou excesso de umidade no solo (BELTRÃO et al., 2003a; BARRETO e AMARAL, 2004). Os rendimentos máximos encontrados no presente experimento, tanto para frutos como para grãos, estão dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura em regime de irrigação (LAURETI et al., 1998; BELTRÃO, 2004).

Os resultados encontrados tornam-se expressivos, visto que, o ensaio foi desenvolvido em uma região de baixa altitude, ou seja, não considerada adequada para o cultivo da mamoneira, pois, os estudos sugerem que a planta expressa o seu potencial produtivo em localidades entre 300 e 1.500 m acima do nível do mar (BELTRÃO et al., 2003b). Ressalta-se, desta forma, que mesmo sob condições de baixa altitude a mamoneira pode produzir satisfatoriamente, o que mostra que a produtividade da mamona pode estar associada a diversos fatores e que tomar o fator altitude como parâmetro principal para zoneamento agrícola pode ser questionado em muitos casos.

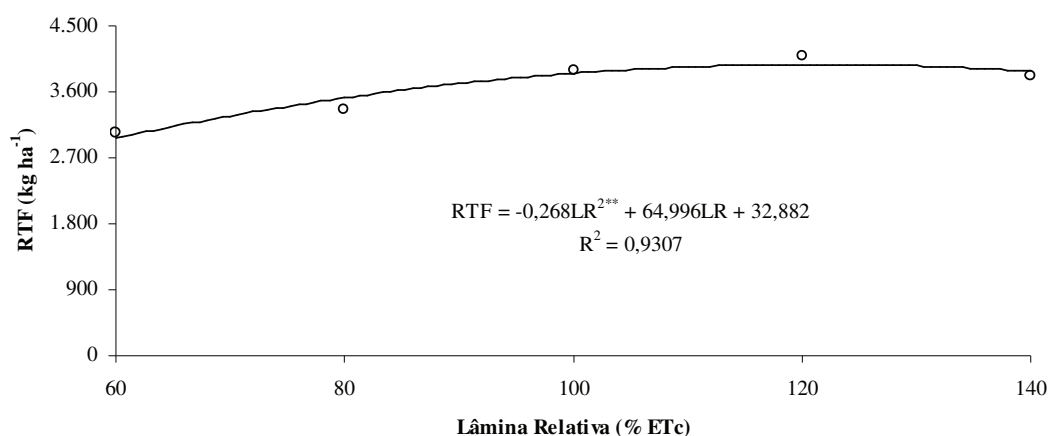


Figura 10 - Rendimento total de frutos da mamoneira (RTF) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.

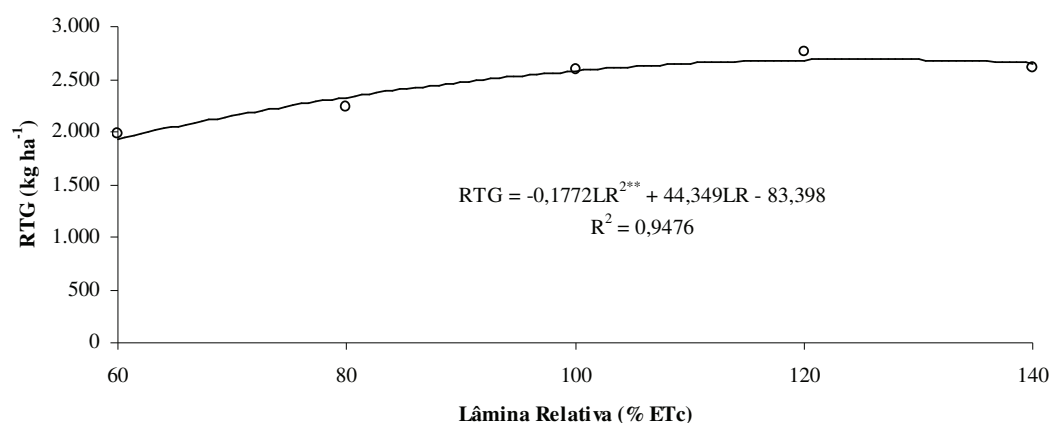


Figura 11 - Rendimento total de grãos da mamoneira (RTG) sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008. ** significativo a 0,01 de probabilidade pelo Teste F.

Os dados de eficiência do uso da água na cultura da mamoneira estão apresentados na Figura 12. Evidencia-se decréscimo na EUA com o incremento na lâmina aplicada, sendo o máximo valor, correspondente a $4,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, gerado pelo regime de 0,6 da ETc. Para uma redução de 80% da maior para a menor lâmina relativa houve aumento de 38% na EUA. Coelho; Coelho Filho; Oliveira (2005) afirmam que a eficiência do uso da água pode ser aumentada reduzindo-se a lâmina aplicável (evapotranspiração) de forma a não diminuir drasticamente a produtividade. Isto indica que para as condições em que se realizou o presente estudo, a L_1 mostrou-se a mais promissora, corroborando com outros pesquisadores, em trabalhos com outras culturas, que também encontraram maiores valores de EUA a partir de menores lâminas (AZEVEDO et al., 2007; FARIAS et al., 2007; LIMA et al., 2007). Estes resultados mostram a importância da definição da lâmina adequada para maximizar a produção por unidade de água aplicada, sobretudo para reduzir os custos de produção de mamona.

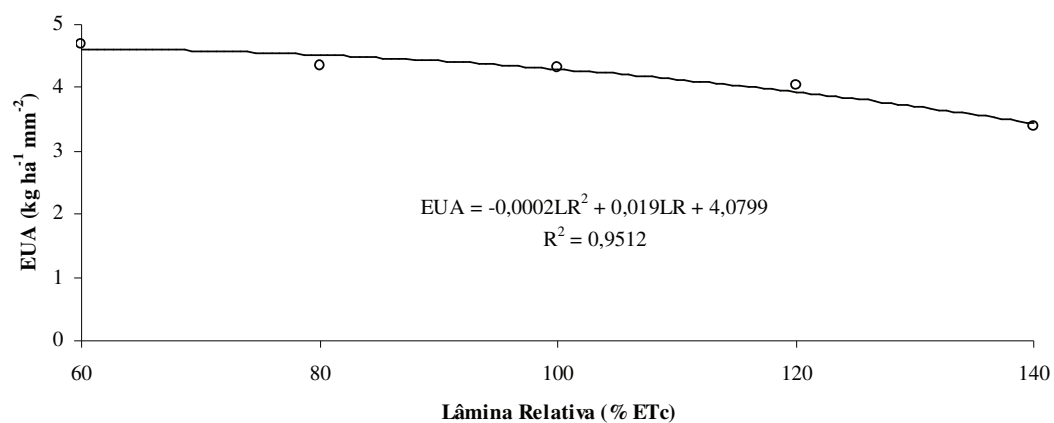


Figura 12 – Eficiência do uso da água (EUA) pela cultura da mamoneira sob diferentes lâminas de irrigação. Mossoró, RN, 2008.

CONCLUSÕES

Os componentes de produção dos racemos principais (maior número de frutos e maior peso médio do fruto), bem como o maior número de racemos secundários por planta, foram favorecidos pela menor população de plantas. Por outro lado, as densidades de plantio proporcionaram maior rendimento em frutos e em grãos dos racemos principais.

As variáveis número de frutos dos racemos secundários e peso médio do fruto dos racemos principais apresentaram comportamento quadrático e linear decrescente, respectivamente, com as lâminas de irrigação aplicadas. O incremento na lâmina favoreceu o aumento do número de racemos secundários.

O rendimento de frutos dos racemos principais decresceu com as lâminas aplicadas e o rendimento dos racemos secundários (frutos e grãos) seguiu modelo polinomial quadrático, crescendo com as lâminas. Quanto ao rendimento total, obteve-se 3.974 kg ha⁻¹ de frutos e 2.691 kg ha⁻¹ de grãos com irrigação baseada em 1,20 e 1,25 da ETc, respectivamente.

A eficiência do uso da água decresceu com o aumento da lâmina aplicada, sendo o maior valor obtido com a menor lâmina de irrigação.

REFERÊNCIAS

ALLEN R.G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage).

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. M.; SOARES, J. J.; VIEIRA, R. M.; MOREIRA, J. A. M. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 39p. (Circular Técnica, 25).

AZEVEDO, J. H. O.; SOUSA, C. C. M.; FREITAS, C. A. S.; MESQUITA, A. M. M.; BEZERRA, F. M. L. Influência de lâminas de irrigação nos componentes de produção da bananeira. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 17. **Anais...** Mossoró: ABID, 2007. CD-ROM.

BARANOV, V. F. Irrigation. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986.

BARRETO, A. N.; AMARAL, J. A. B. Quantificação de água necessária para a mamoneira irrigada com base nas constantes hídricas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-67.

BELTRÃO, N. E. M. **Sistemas de produção de mamona em condições irrigadas: considerações gerais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 16 p. (Documentos, 132).

BELTRÃO, N. E. M.; ROCHA, P.; MOTA, J. R.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; SILVA, G.A.; QUEIROZ, U. C. Segmentos do agronegócio da mamona. I. Diagnóstico da ricinocultura da região de Irecê, Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E.; AMARAL, J. A. B.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; PEREIRA, J. R. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003 b. 15 p. (Comunicado Técnico).

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; SANTOS, J.W.; JERONIMO, J. F.; COSTA, F. X.; LUCENA, A. M. A.; QUEIROZ, U. C. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordestina na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, v. 7, n. 1, p. 659-664, 2003a.

BELTRÃO, N.E.M.; SOUZA, J.G.; SANTOS, J.W. Estresse hídrico (deficiência e excesso) e seus efeitos no crescimento inicial da mamoneira, cultivar BRS 188 Paraguaçu. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**. Campina Grande, v.7, n.2/3, p. 735-741, 2003.

BELTRÃO, N.E.M. **Sistema de produção de mamona em condições irrigadas: considerações gerais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 14 p. (Documentos, 132).

BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, L.C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira e a importância do seu cultivo no Brasil. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.31, p.7, 1999.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).

CARVALHO, B. C. L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65 p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

CORREA, M. L. P.; TAVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista ciência agronômica**, v.37, n. 2, p. 200-207, 2006.

CURI, S.; CAMPELO JÚNIOR, J.H. Evapotranspiração e coeficientes de cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.), em Santo Antônio do Leverger, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

DIAS, J. M.; SILVA, S. M. S.; GONDIM, T. M. S.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; BEZERRA, J. R. C.; VASCONCELOS, R. A. Efeito de diferentes quantidades de água de irrigação e de densidades populacionais na cultura da mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROM.

EMBRAPA-ALGODÃO. **Mamona**. Campina Grande, PB, 2007. Disponível em: URL: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona>. Acesso em: 23 maio 2007.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; GHEIY, H. R. Eficiência no uso da água pela cana-de-açúcar no litoral paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36. **Anais...** Bonito: SBEA, 2007. CD-ROM.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**, Versão 5.0 (Build 67), DEX/FLA. 2003.

FREITAS, C. A. S.; PEREIRA FILHO, J. V.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; NOBRE, J. G. A. Produtividade de três variedades de mamona sob cinco níveis de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18. **Anais...** São Mateus: ABID, 2008. CD-ROM.

GONDIM, T. M. S.; NOBREGA, M. B. M.; SEVERINO, L. S.; VASCONCELOS, R. A. Adensamento de mamoneira sob irrigação em Barbalha, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

IBGE. **Estados**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat>. Acesso em: 02 jun. 2007.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for Castor Oil Crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean Climate. **Journal Agronomy & Crop Science**, v.184, p.33-41. 2000.

LAURETI, D.; FEDELI, A. M.; SCARPA, G. M.; MARRAS, G. F. Performance of castor (*Ricinus communis* L.) cultivars in Italy. **Industrial crops and products**. Elsevier, v. 7, p. 91-93, 1998. Disponível em: URL: www.sciencedirect.com/science . Acesso em: 23 maio 2007.

LIMA, C. B.; SANTOS FILHO, S. V.; OLIVEIRA, M.; SANTOS, M. A. Crescimento da mamoneira em três solos da região de Mossoró, RN, sob diferentes teores de salinidade da água de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

LIMA, C. J. G. S.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; GALVÃO, D. C.; SOUSA, P. S. Eficiência do uso da água pelo meloeiro Gália fertirrigado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 1. **Anais...** Sobral: INOVAGRI, 2007, CD-ROM.

MOREIRA, L.C.J.; VIANA, T. V. A.; NOBRE, J. G. A.; LIMA, A. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MARINHO, A. B. Avaliação do desenvolvimento da mamoneira sob diferentes épocas de suspensão da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 17. **Anais...** Mossoró: ABID, 2007. CD-ROM.

OLIVEIRA, F. A.; BEZERRA, J. R. C.; OLIVEIRA, B. C. Efeito do manejo da irrigação e de populações de plantas sobre o rendimento do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2185-2191, dez. 1999.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

SANTOS, R. F.; KOURI, J. Panorama mundial do agronegócio da mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROM.

SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N.V.; VEIGA, R. F. A.; CAMPANA, M. P.; PETTINELLI JUNIOR, A. Novo cultivar de mamona: IAC-226 (Tabary). **Bragantia**, v. 49, n. 2, p. 269-280, 1990.

SEAGRI-BA. **Cultura da mamoneira**. Disponível em: URL: <http://www.seagri.ba.gov.br/mamoneira.htm>. Acesso em: 23 maio 2007.

SEVERINO, S. L.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GODIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. **Adubação química da mamoneira com macro e micronutrientes em Quixeramobim, CE**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 24 p. (Documentos, 61).

SILVA, S. M. S.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; GODIM, T. M. S.; SEVERINO, L. S.; CONCEIÇÃO, J. L. A. Influência da lâmina de irrigação e população de plantas em componentes de produção da mamona cultivar BRS Energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 3, 2008 b, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008 b. CD-ROM.

SILVA, S. M. S.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; DIAS, J. M.; NASCIMENTO, R. T. Produtividade da cultivar BRS Energia em função da lâmina de irrigação e populações de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 3, 2008 a, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008 a. CD-ROM.

TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.

VIJAYA KUMAR, P.; RAMAKRISHNA, Y. S.; RAMANA RAO, B. V.; VICTOR, U. S.; SRIVASTAVA, N. N.; SUBBA RAO, A. V. M. Influence of moisture, thermal and photoperiodic regimes on the productivity of castor beans (*Ricinus communis* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Hyderabad, v. 88, p. 279-289, 1997. Disponível em: <http://www.scirus.com>. Acesso em: 23 maio 2007.