



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA 'BRS
GABRIELA' SUBMETIDA A NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

CARLOS PEDRO DE MENEZES COSTA

**Campina Grande - PB
Fevereiro – 2014**

CARLOS PEDRO DE MENEZES COSTA
Tecnólogo em Irrigação e Drenagem

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA ‘BRS
GABRIELA’ SUBMETIDA A NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientadores: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvallo Guerra
Prof. Dr. João Henrique Zonta

Campina Grande - PB
Fevereiro – 2014



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CARLOS PEDRO DE MENEZES COSTA

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA ‘BRS
GABRIELA’ SUBMETIDA A NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Aprovada em 28 de fevereiro de 2014

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof. Ph.D. Hugo Orlando Carvalho Guerra - Orientador
UAEAg/CTRN/UFPA

Prof. Dr. João Henrique Zonta - Orientador
CNPA/Embrapa Algodão

Prof. Dr. Clayton Moura de Carvalho - Examinador
FATEC CARIRI

Prof. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima - Examinadora
UAEAg/CTRN/UFPA

Campina Grande - PB
Fevereiro - 2014

A minhas avós Ana Saraiva de Menezes e Raimunda Barbosa Leite (In memorian)

MINHA HOMENAGEM

*A meus pais, Francisco Leite Costa e
Fátima de Menezes Costa; a meus irmãos,
José Rafael e Andréa Josefa, como
reconhecimento do amor e dedicação.*

OFEREÇO

*A minha esposa, Joilma Nery e
minha filha, Júlia, por todo amor e carinho.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida e à fé no Padre Cícero, do qual sou devoto;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

Ao meu orientador, Prof. Ph.D. Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela orientação, estímulo, paciência e confiança durante a realização deste curso;

Ao meu Co-orientador, Prof. Dr. João Henrique Zonta, pela amizade, compreensão e por todos os ensinamentos transmitidos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

À Embrapa Algodão, pelo fornecimento das sementes de mamona e por ter cedido a área de pesquisa em campo na estação experimental em Barbalha - CE;

Aos amigos Tarcisio, José Rodrigues, Gildo, Ramon e Whellyson, por todo empenho e dedicação em prol da execução desta pesquisa;

Aos técnicos Felipe, Edicarlos, Michele, Airton e Ricardo, por toda a ajuda durante a execução deste experimento;

Aos secretários da Coordenação de Pós-graduação, Maria Aparecida e Gilson, pela atenção e ajuda sempre que precisei;

A toda a minha família, pelo apoio, carinho e incentivo durante a minha formação;

Aos examinadores Prof. Dr. Clayton Moura de Carvalho e Prof. Dr. Vera Lucia Antunes de Lima, por se disporem a contribuir com a melhoria deste trabalho,

À Família da pós-graduação: Rennan, Salatiel, Klebson, Lauriane, Geovani, Elaine, Antônio, Marcelo, Júlia, Júnior e Ramara pelo companheirismo ao longo do curso.

Em especial a minha esposa, Joilma da Silva Nery, pela paciência e compreensão em todos os momentos desta minha caminhada;

Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista. Muito Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
2.1. Geral.....	15
2.2. Específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Descrição botânica.....	16
3.2. Sistema de produção.....	17
3.3. Cultivo da mamoneira no Nordeste do Brasil	17
3.4. A cultura da mamoneira.....	19
3.5 Estresse hídrico.....	24
3.6. Estresses hipoxítico e anoxítico.....	25
3.7. Irrigação na mamoneira.....	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1. Caracterização do experimento.....	28
4.1.1. Localização.....	28
4.1.2. Clima.....	28
4.1.3. Solo.....	28
4.2. Descrição da área experimento.....	29
4.3. Delineamento experimental.....	30
4.4. Preparo da área.....	31
4.5. Instalação do sistema de irrigação.....	31
4.6. Adubação.....	32
4.7. Instalação e condução da cultura no campo.....	32
4.7.1. Semeadura e estabelecimento da cultura.....	32
4.7.2. Irrigação.....	32
4.7.3. Controle de plantas daninhas.....	34
4.8. Colheita e beneficiamento.....	34
4.9. Variáveis avaliadas.....	34
4.9.1. Altura da planta.....	34
4.9.2. Diâmetro do caule.....	34
4.9.3. Número de racemos por planta.....	34
4.9.4. Comprimento do racemo primário.....	35

4.9.5. Altura de inserção do primeiro racemo.....	35
4.9.6. Número de frutos no racemo primário.....	35
4.9.7. Área foliar.....	35
4.9.8. Peso de 100 sementes.....	35
4.9.9. Produtividade.....	35
4.9.10. Teor de óleo.....	36
4.10. Análise estatística.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Altura das plantas.....	40
5.2 Área foliar.....	41
5.3 Produtividade.....	41
5.4 Diâmetro do caule, numero de racemos por planta, comprimento do racemo primário, altura da inserção do primeiro racemo, numero de frutos no racemo primário, peso de 100 sementes e teor de óleo.....	43
6. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

LISTA DE TABELAS

	Pág
Tabela 1. Características agronômicas e tecnológicas das cultivares de mamona BRS Gabriela..	23
Tabela 2. Classificação textural.....	29
Tabela 3. Caracterização físico-hídrica do solo.....	29
Tabela 4. Tratamentos de irrigação.....	30
Tabela 5. Lâminas de irrigação aplicadas, em mm, nos diversos tratamentos durante o período de realização do experimento. Embrapa Algodão, Barbalha, CE, 2012.....	37
Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (ALT_cm), diâmetro do caule (DC_mm), área foliar (AF_cm ²), número de racemos por planta (NRAC), comprimento do racemo primário (COMPRAC_cm), altura de inserção do racemo primário (ALTRAC_cm), número de frutos no racemo primário (NFRUTRAC) peso de 100 sementes (P 100 S_g), teor de óleo (%) e produtividade (PROD_kg ha ⁻¹) da cultivar BRS Gabriela em função das lâminas de irrigação ao solo. Embrapa Algodão. Barbalha, CE, 2013.....	39
Tabela 7. Análise de regressão para as variáveis agronômicas estudadas em função das lâminas de irrigação aplicadas ao solo. Barbalha, CE, 2013.....	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Localização da área experimental. Embrapa Algodão, Barbalha, CE, 2012.....	28
Figura 2A. Vista geral da área experimental.....	29
Figura 2B. Parcela detalhada. Barbalha, CE, 2013.....	29
Figura 3. Croqui da área 7 no campo experimental. Barbalha, CE, 2012.....	31
Figura 4A e 4B. Instalação das linhas de gotejo na área experimental. Barbalha, CE, 2013.....	32
Figura 5. Altura da planta (ALT cm) da mamoneira, em função das diferentes lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2013.....	40
Figura 6. Produtividade (PROD) da mamoneira, em função das diferentes lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2013.....	42

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é considerada uma das principais fontes de matéria prima para a produção de biodiesel, e nos últimos anos vem crescendo a demanda por áreas de cultivo além das exploradas tradicionalmente, devido às políticas de incentivos à produção desta oleaginosa decorrentes das diretrizes do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Diante disso, torna-se necessário à adoção de tecnologias para otimização da produção, que sejam adequadas às condições específicas de cada microrregião ou localidade. Entre as principais limitações da produção agrícola na região Semiárida, está à escassez e a irregularidade pluviométrica. Embora a mamoneira seja considerada tolerante ao estresse hídrico, a sua produtividade pode ser seriamente afetada pela quantidade de água disponível no solo. Com o objetivo de avaliar o comportamento agrônomico da mamoneira BRS Gabriela submetida a diferentes lâminas de irrigação, um ensaio experimental foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Algodão, no município de Barbalha, CE. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos ao acaso, com distribuição em faixas, com 4 repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos foram distribuídos em 6 lâminas de irrigação, aplicando 150, 125, 100, 75, 50 e 25% da evapotranspiração da cultura (ETc). As variáveis analisadas foram altura da planta, diâmetro do caule, número de racemos por planta, comprimento do racemo primário, altura de inserção do primeiro racemo, número de frutos no racemo primário, área foliar, peso de 100 sementes, teor de óleo e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Observou-se que: o crescimento da mamoneira ‘BRS Gabriela’ foi beneficiado quando a planta foi irrigada com lâmina de água até o limite de 77% da evapotranspiração da cultura (ETc); a produtividade da cultura atingiu seu pico (859,18 kg de sementes por hectare) quando as plantas foram irrigadas com lâmina de 81% da ETc; lâminas de 25 e 50% da ETc provocaram decréscimos no crescimento e na produtividade, em razão do estresse por deficiência hídrica no solo, e lâminas de 100% da ETc também provocaram reduções no crescimento e produtividade da mamoneira, devido aos estresses anóxicos e hipoxícticos causados por excesso de água no solo; a mamoneira ‘BRS Gabriela’ é muito sensível ao excesso de água no solo, havendo morte das plantas quando são irrigadas com lâminas acima de 100% da ETc.

Palavras - chave: precocidade, déficit hídrico, hipoxia, anoxia, tolerância

ABSTRACT

Castor bean (*Ricinus communis* L.) is considered a major source of raw material for biodiesel production, and in recent years has increased the demand for cultivated areas beyond traditionally exploited due to the policies of this oilseed production incentives arising the guidelines of the National program for Production and Use of Biodiesel. Therefore, it becomes necessary for the adoption of technologies to optimize production, which are appropriate to the specific conditions of each micro-region or locality. Among the major constraints in agricultural production in the semiarid region is the scarcity and irregular rainfall. While the castor bean is considered more tolerant to water stress, your productivity can be seriously affected by the amount of available soil water. Aiming to evaluate the agronomic performance of castor bean BRS Gabriela subjected to different irrigation, experimental testing was conducted at the Experimental Station of Embrapa Cotton, in the Barbalha city, Ceará. Experimental design used was randomized blocks, with distribution groups, with 4 replicates, totaling 24 plots. The treatments were distributed in 6 irrigation levels, applying 150, 125, 100, 75, 50 and 25% of crop evapotranspiration (ETc). The variables studied were plant height, stem diameter, number of racemes per plant, length of the primary raceme, height of insertion of the first raceme, number of fruits in the primary raceme, leaf area, 100-seed weight, oil content and yield. Data were subjected to analysis of variance and regression analysis. It was observed that: the growth of castor bean BRS Gabriela was increased when the plant was irrigated with water depth up to the limit of 77% of crop evapotranspiration (ETc), the yield reached its peak (859.18 kg of seeds per hectare) when plants were irrigated with levels 81% ETc; decreases in growth and productivity because of stress due to water deficiency in the soil, and the levels 100 levels 25% and 50% of Etc cause reductions in growth and yield of castor bean, and hipoxíticos anóxicos due to stresses caused by excess water in the soil, the castor bean BRS Gabriela is very sensitive to excess water in the soil, with plant death when irrigated with levels up to 100% and so on.

Key words: precocity, water stress, hypoxia, anoxia tolerance

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma das mais de 7.000 espécies da família Euphorbiaceae, possivelmente originária do leste da África, na Etiópia, sendo a Índia, a China, o Brasil e a Rússia os principais países produtores mundiais (FAO 2006). É uma oleaginosa com grande tolerância à seca, exigente em calor e luminosidade, adaptando-se perfeitamente ao semiárido brasileiro (CARTAXO *et al.*, 2004) e tem sido muito explorada em função do óleo contido em suas sementes que se constitui em matéria-prima para a produção do biodiesel (BELTRÃO *et al.*, 2003).

No Brasil, a mamoneira tem ganhado destaque desde que seu cultivo começou a ser incentivado como a principal oleaginosa na região semiárida para integrar o Programa Brasileiro de Biodiesel. Estudos indicam que a demanda atual de óleo para a produção de combustíveis menos poluentes tem provocado demanda para o aumento das áreas exploradas com essa cultura.

O programa de biodiesel prevê uma forte participação da agricultura familiar, principalmente em regiões como o Nordeste do país, com a utilização de óleo extraído de espécies como a mamona. O biodiesel, em particular quando produzido a partir deste tipo de oleaginosas cuja produção é viável para a agricultura familiar, oferece uma oportunidade única de geração de emprego, associada à sustentabilidade ambiental. Devido ao apelo econômico e social da cultura, uma série de trabalhos de pesquisa são conduzidos na região Nordeste visando à melhoria das técnicas de manejo e buscando materiais genéticos mais produtivos e adaptados a cada microrregião.

A escassez, o uso inadequado, a poluição, a contaminação e o desperdício do recurso “água”, são temas chave nas agendas de debates de diversas instituições públicas ou privadas. Desta forma, estudos que sirvam de base para um futuro desenvolvimento de variedades mais tolerantes ao estresse hídrico, não só tem importância para áreas com limitação agrícola devido à falta de água mas também como fator de produção a ser economizado em sistemas irrigados.

O uso da irrigação na agricultura encarece a cadeia produtiva e para que se justifique tal uso, faz-se necessário que se tenham altas produtividades; para isto torna-se necessário o uso de cultivares que melhor respondam a disponibilidade hídrica, bem

como o manejo hídrico mais adequado, que trará maiores produtividades com menores custos e de forma sustentável.

De acordo com Pennisi (2008), estudos relacionados à tolerância à seca são cada vez mais estratégicos, já que esse é o estresse abiótico mais complexo e de maior efeito sobre as culturas e o principal fator que deve limitar a produção mundial de alimentos e de outros produtos agrícolas nos próximos anos. Neste cenário torna-se imperativo um maior conhecimento dos fatores biológicos e climáticos relacionados à tolerância ao déficit hídrico, de forma a garantir, que no futuro, a agricultura possa contar com genótipos cada vez mais adaptados aos estresses hídricos.

O déficit hídrico afeta a performance vegetal através de efeitos sobre a abertura estomática, o processo fotossintético e o crescimento, sendo que cada um desses processos pode ser afetado diferentemente, dependendo do genótipo da planta e da intensidade do déficit hídrico (CHAVES, 2004).

Para crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente, a mamoneira necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas, o que requer manejo compatível com sua capacidade de retirada de água do solo. Segundo Schurr et al. (2000), o estresse hídrico na mamona afeta seu desenvolvimento e a taxa de assimilação de CO₂, desta forma as plantas apresentam estrutura foliar reduzida, consequentemente afetando os componentes de produção. Por outro lado, o aumento da disponibilidade hídrica é responsável por uma atividade de crescimento mais pronunciada e eficiente.

Considerando as limitações em relação aos recursos hídricos das regiões semiáridas do nordeste, estudos a respeito da tolerância à seca de plantas, como a mamona, são muito necessários. As respostas das culturas à variação de níveis hídricos tem sido propósito de vários estudos, buscando o aumento na eficiência do uso de água pelas plantas, com vista à seleção de genótipos tolerantes e a otimização das práticas de manejo, bem como ao maior entendimento dos efeitos do estresse hídrico no crescimento e na produção de matéria seca.

Apesar da mamoneira ser uma cultura adaptada às condições de semiaridez, exigente em calor e luminosidade, a garantia de produção deverá ser maior com irrigação e para obter bom desenvolvimento e alta produtividade, a planta exige solos férteis (LAVIOLA e DIAS, 2008; NERY *et al.*, 2009). Sua utilização como matéria-prima para a produção de bioenergia está embasada nas características, como alto

potencial de produção de óleo, espécie de uso não alimentar e a perenidade da cultura (MARTINS *et al.*, 2010).

A mamoneira é uma planta considerada rústica, de boa capacidade de adaptação, xerófila e heliófila (AMORIM NETO *et al.*, 2001) necessitando de precipitações regulares na sua fase vegetativa e de períodos secos na fase de maturação dos frutos, mas o excesso de umidade é prejudicial em qualquer período da lavoura, sendo mais crítico na fase inicial e na frutificação (AZEVEDO *et al.* 1997). Além disso, a cultura da mamoneira desenvolve-se e produz bem em vários tipos de solo, com exceção daqueles de textura muito argilosa, que apresentem deficiência de drenagem e com pH entre 5,8 e 6,5.

A nova e primeira cultivar de mamona desenvolvida para regiões de baixas altitudes, inferiores a 300 metros acima do nível do mar e que está chegando ao mercado, lançada no mês de julho no 5º Congresso Brasileiro de Mamona, em Guarapari, no Espírito Santo, é a cultivar BRS Gabriela, uma das apostas da Embrapa para fortalecer o Programa Nacional de Agroenergia. Desenvolvida em um projeto em rede nacional pela Embrapa Algodão, que tem sede em Campina Grande, na Paraíba, a nova cultivar tem perfil diferenciado.

De porte baixo, chegando a 160 centímetros de altura, no máximo, o que facilita os tratos culturais e a colheita. De ciclo precoce, tem floração em até 40 dias após o plantio. Com uma arquitetura ereta e boa altura e não tendo abertura natural dos frutos na maturação, a planta ainda tem mais uma vantagem em relação às demais disponíveis no mercado.

Permite uma única colheita (mecanizada ou manual), o que reduz, e muito os custos de produção. A cultivar BRS Gabriela tem uma produtividade média de 1,9 toneladas por hectare e teor de óleo médio de 50%. A cultivar tem outra vantagem que deve mudar o sistema de plantio da mamona. Ela pode ser plantada em qualquer região do País com volumes de chuvas regulares, permitindo o uso de insumos, como calcário e adubo químico, com menor risco de fracasso da produção.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o rendimento da mamoneira ‘BRS Gabriela’ quando submetida a diferentes lâminas de irrigação.

2.2. Específicos

- Avaliar o crescimento da mamoneira BRS Gabriela submetida a diferentes lâminas de irrigação, com base na evapotranspiração da cultura;
- Avaliar a produtividade da mamoneira BRS Gabriela sob diferentes lâminas de irrigação, buscando a mais adequada para o manejo da cultura;
- Identificar se a cultivar BRS Gabriela tem potencial para tolerar os estresses hídricos, por deficiência de água, e os estresses por anoxia e/ou hipoxia, causados pelo excesso de água no solo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Descrição botânica

Na classificação de Engler, a mamoneira tem a seguinte posição sistemática: Divisão Angiosperma; Classe Dicotyledoneae; Subclasse Archichlamydeae; Ordem Geraniales; Família Euphorbiaceae; Subfamília Euphorbioideae; Tribo Crotonae; Gênero Ricinus e Espécie Ricinus communis (RODRIGUES; OLIVEIRA; FONSECA, 2002).

Possui uma grande variação quanto à coloração do caule das folhas e dos frutos, no hábito de crescimento e porte da planta, na presença ou não de cera, no tamanho das sementes e a sua concentração de óleo (BELTRÃO *et al.* 2001).

É uma planta monoica, com flores femininas na parte superior e masculinas na parte inferior da raque (do pendão floral). O número de flores masculinas no racemo pode variar de 0 a 95 %, podendo ser encontrados racemos com apenas flores femininas (CARVALHO, 2005). O tamanho dos frutos, das sementes, e por consequência a massa de mil sementes podem variar quanto à cultivar e de acordo com o manejo cultural adotado (KOUTROUBAS, PAPACOSTA e DOITSINIS, 1999). Desta forma o número de frutos produzidos por racemo, a massa de mil sementes e o número de racemos produzidos por planta são também fatores que podem influenciar na produtividade desta cultura.

Os racemos secundários e terciários possuem sementes mais pesadas e com maior teor de óleo que os racemos primários (SOUZA *et al.*, 2007b;). Contudo, as condições ambientais, especialmente temperatura e disponibilidade de umidade, interferem decisivamente no teor de óleo da semente (KOUTROUBAS; PAPAOSTA; DOITSINIS, 2000).

É um vegetal que apresenta grande importância econômica, social e ambiental para o Brasil, particularmente para a região Nordeste onde se concentram 90% da produção nacional. Do ponto de vista agroindustrial, o fruto da mamona apresenta aproveitamento integral obtendo-se, como produto principal, o óleo, que corresponde a cerca de 48% da massa semente e, como subproduto, a torta, que pode ser utilizada como adubo orgânico e, se for retirada a ricina, pode ser utilizada na alimentação animal (MELHORANÇA e STAUT, 2005).

3.2. Sistema de produção

O surgimento de cultivares com o melhoramento genético tem proporcionado maiores potenciais produtivos e teor de óleo elevado nas sementes. Contudo, os novos genótipos são em geral mais sensíveis aos estresses. Entre os fatores de competição presentes numa comunidade vegetal (água, luz e nutrientes), a maior demanda da cultura da mamona é por água (AZEVEDO *et al.*, 2001), especialmente quando se trata de região semiárida.

A cultura da mamoneira está incluída no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) elaborado pelo Governo Federal, que autorizou a adição de 2% de combustíveis derivados de óleos vegetais ao diesel (B2) obtido a partir do petróleo, em 2008, e elevar este percentual para 5% (B5) em 2013 (RAMOS *et al.*, 2006).

Com o fortalecimento deste programa estima-se que mais de 50% de nossa energia deverão ser provenientes de fontes renováveis, em um futuro próximo (PEREIRA, 2007). Neste sentido criou-se uma perspectiva real para a expansão do seu cultivo em escala comercial no semiárido brasileiro, especialmente na agricultura familiar (BELTRÃO *et al.*, 2005) assumindo papel relevante para a economia desta região, seja como cultura alternativa de conhecida resistência à seca ou como fator fixador de mão-de-obra, gerador de emprego e matéria-prima, valorizando potencialidades regionais e ao mesmo tempo em que oferece soluções a problemas econômicos e socioambientais (RAMOS *et al.*, 2003).

3.3. Cultivo da mamoneira no Nordeste do Brasil

No Nordeste, a miscigenação de variedades provocou um hibridismo espontâneo, os frutos são deiscentes, requerendo múltiplas colheitas por ano, em operação manual; a não existência de muitas culturas concorrentes e a instabilidade climática têm provocado pouca evolução na adoção de novas tecnologias.

Segundo dados do IBGE (2013), o Estado da Bahia é o principal produtor nacional de mamona com cerca de 149,5 mil hectares plantados na safra 2013/14 (90% da área total do país) e uma produção estimada de 134,9 mil toneladas (89% da produção nacional). Esses dados são um indicativo de que a produção brasileira de mamona está concentrada na Região Nordeste, especialmente no Estado da Bahia. Deve-se destacar, também, que a produção desse Estado se concentra nas microrregiões de Irecê, Senhor do Bonfim, Jacobina, Seabra e Guanambi.

A mamoneira é uma oleaginosa com bastante representatividade no cenário econômico nacional. A importância comercial de seus produtos e subprodutos têm despertado o interesse do governo e dos pesquisadores em projetos que buscam o cultivo racional e eficiente da cultura, com vistas à utilização do óleo extraído da semente na indústria, devido à sua enorme versatilidade química, além do emprego de outras partes da planta, resíduos vegetais e cascas dos frutos na composição de diversos produtos, agregando valor à produção (FREIRE *et al.*, 2007).

De acordo com Cavalcanti *et al.* (2004), a demanda energética mundial precisa ser atendida, entretanto, as fontes convencionais estão em vias de esgotamento, além de provocarem efeitos ambientais agressivos. Diante destes aspectos, se têm pesquisado fontes energéticas renováveis, destacando-se a mamoneira com excelente alternativa. Costa *et al.* (2006) enfatizaram que a ricinocultura em determinadas áreas do Semiárido Nordeste, representa uma cultura de sequeiro com boa rentabilidade, em razão da fácil adaptação às condições ecológicas, sendo resistente aos períodos de seca; envolvimento de pequenos agricultores rurais, prestando-se para a agricultura familiar; aproveitamento da torta como adubo orgânico de excelência e, se detoxificada, constitui rica fonte proteica para alimentação animal.

Dentre as motivações para a produção e uso de biodiesel, os benefícios ambientais e sociais podem ser citados como os mais importantes; outra motivação é o benefício econômico decorrente da redução ou eliminação da importação de diesel. Em termos ambientais o biodiesel se destaca expressivamente pela redução da emissão de poluentes. Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso, reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação (LIMA, 2004).

A evolução que se registra na produção de mamona na região do semiárido nordestino é apoiada pelo novo mercado energético do Programa Nacional de Biodiesel, que vem sendo incentivado por órgãos governamentais e parceiros privados, em razão de sua extraordinária importância ponto de vista econômico, social e ambiental. A estratégia defendida é a implementação de um programa de desenvolvimento da lavoura familiar com base na mamona para gerar renda complementar segura para as famílias

envolvidas, por se tratar de uma cultura de maior tolerância à seca em comparação às lavouras de subsistência de feijão e milho (PARENTE, 2003).

Apesar das condições climáticas serem consideradas boas para a cultura e de ter-se observado um ligeiro aumento da produtividade nos últimos anos, a produção média nacional ainda é baixa. De acordo com dados do IBGE e CONAB, referente ao período de 1990 a 2007 (CONAB, 2008; IBGE, 2007), a produtividade média nacional não ultrapassa os 600 kg/há⁻¹. Segundo Carvalho (2005) esses ganhos de produtividade só ocorrerão se houver melhorias no sistema de produção, inclusive com o uso de sementes de cultivares recomendados pela pesquisa.

Somente com essas melhorias a mamona poderá se firmar como uma cultura produtora de matéria prima para o Programa de Biodiesel, produzindo em quantidade e qualidade suficientes para a oferta de produtos a preços que viabilizem a produção deste (QUEIROZ *et. al.*, 2008).

3.4. A cultura da mamoneira

Segundo Ramos *et al.*, (2006), apesar da comprovada importância do óleo de mamona, o desenvolvimento da cadeia produtiva desta cultura no Brasil precisa de modernização para se tornar competitiva no programa de biodiesel. Essa modernização, segundo os autores, no tocante à fase agrícola da cadeia, passa pelo uso de técnicas mais eficientes de manejo e adoção de variedades melhoradas. De acordo com Nóbrega *et al.* (2001), a mamoneira apresenta ampla variabilidade genética para diversas características, este aspecto é fundamental para a implementação de programas de melhoramento específicos para esta cultura.

Entre as demandas atuais para o melhoramento genético da mamona, inclui-se a adaptação de genótipos à baixa altitude, o que permitirá a inclusão sustentável de muitos municípios onde o cultivo não é recomendado pelo risco de obtenção de baixas produtividades (SEVERINO *et al.*, 2006).

Cultivares adaptadas para curto período de chuvas podem ser importantes para as condições de cultivo em clima semiárido. Por outro lado, o porte da planta é uma das mais importantes características morfológicas da mamona, que influenciará na tecnologia de produção de determinada cultivar. Em geral, plantas de porte alto têm maior rusticidade, adequando-se ao baixo nível de tecnologia ou a condições drásticas de clima e solo.

Autoridades de diversos estados e municípios do País, em virtude do Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), tem buscado cultivares de mamoneira adaptadas às suas condições ecológicas como cultura de sucessão a sua cultura principal. Assim, novos materiais genéticos precisam ser desenvolvidos visando atender às áreas de expansão da cultura, tanto em área nas regiões tradicionais como em regiões onde a mamona está sendo introduzida, incluindo características específicas para os diferentes sistemas de produção (MILANI *et al.*, 2009).

De forma geral, o melhoramento de plantas tem contribuído substancialmente em aumentar o potencial produtivo das culturas no último século, e deve se preparar para enfrentar os novos desafios decorrentes das alterações climáticas globais previstas para as próximas décadas (BORLAUG e DOSWELL, 2005). Em países tropicais como o Brasil, a seleção somente em ambientes de alta produtividade pode não ser a maneira mais eficaz de identificar genótipos capazes de obter melhores produtividades em condições de múltiplos estresses (seca, baixo uso de insumos, toxidez subsuperficial de alumínio, etc), como ocorre em várias áreas de produção.

Plantas que mostram crescimento continuado ou melhorado sob condições hídricas limitadas são consideradas tolerantes à seca. Algumas espécies podem evitar a seca amadurecendo rapidamente antes que ela se inicie ou reproduzindo-se somente após a chuva (ALVIM, 1985). Outras plantas toleram a desidratação, adiando-a através do desenvolvimento de raízes profundas ou fechando-se fortemente contra a transpiração ou acumulando grandes reservas de água em tecidos carnosos (INGROUILLE, 1992). Ainda, outras espécies permitem a desidratação dos tecidos e toleram a falta de água, apresentando crescimento continuado mesmo quando desidratadas ou sobrevivendo a desidratações severas.

Durante períodos de déficit hídrico muitas mudanças ocorrem na planta; essas mudanças dependem da severidade e da duração do estresse, do genótipo, do estágio de desenvolvimento e da natureza do estresse (KRAMER, 1995). A maioria dessas modificações visa manter o crescimento e a reprodução da planta em ambientes com limitações na disponibilidade de água.

Do ponto de vista prático é muito difícil a imposição de estresse de seca, de forma controlada e reproduzível, às grandes populações de plantas normalmente usadas em programas de melhoramento. Monitoramentos abrangentes do crescimento e de parâmetros fisiológicos raramente têm sido usados para selecionar plantas mais

produtivas em ambientes com déficit hídrico (BASNAYAKE *et al.*, 1995). Melhoristas de plantas têm tentado selecionar plantas com tolerância à seca a partir de grandes populações, entretanto, altos rendimentos e resistência a doenças têm sido os alvos finais das análises. Esse enfoque experimental na seleção de plantas para tolerância ao estresse hídrico tem sido o método escolhido na quase totalidade dos casos (SIMPSON, 1981). A maioria dos enfoques, meramente identifica plantas com altos ou baixos rendimentos, porque o critério final de seleção é um simples índice, tal como rendimento de grãos ou produção de biomassa na época da colheita.

Tais enfoques geralmente têm falhado em revelar as características genéticas individuais que afetam a tolerância à seca e que poderiam ser seletivamente orientadas para recombinação adicional. Características genômicas de uma planta que apresenta, por exemplo, tolerância ao estresse de seca na antese, ou escape ao estresse de seca no enchimento dos grãos, combinado com tolerância a períodos curtos de estresse de pequena magnitude, podem ser perdidas (SIMPSON, 1981). Um enfoque reducionista terá sucesso limitado porque o balanço ótimo da conservação de água e a absorção de carbono são alcançados, não pela variação de uma única resposta, mas pela combinação de diversas respostas diferentes a um nível que equivale à severidade e à duração do déficit hídrico (McCREE e FERNANDEZ, 1989).

O esforço severo da seca pode conduzir à supressão dramática do crescimento e do desenvolvimento de planta e causar grande perda de produtividade. A adaptação de plantas a ambientes adversos, ou situações sob fatores ambientais sub-ótimos, envolve a adaptação a estresses múltiplos, com interações diretas e indiretas. Assim, torna-se de grande importância a identificação e a caracterização de genótipos, bem como estudos sobre a interação e sobreposição de mecanismos, tanto do ponto de vista fisiológico quanto do bioquímico e molecular (LARCHER, 2004).

As respostas morfológicas, fisiológicas e moleculares das plantas submetidas ao estresse hídrico podem ser complexas, e dependem do genótipo e do estágio de desenvolvimento da planta, além da duração, severidade e natureza do estresse (VIDAL *et al.*, 2005).

Colocar em disponibilidade genótipos produtivos e com características de tolerância a estresses abióticos, especialmente quanto à deficiência hídrica, é desafio contínuo para os programas de melhoramento pois a seca é a maior fonte de instabilidade do rendimento de grãos em áreas mais sujeitas a tal condição (LAZAR *et*

al., 1995). Zou *et al.* (2007) destacam a importância do melhoramento para condições onde o fator limitante seja a água.

O surgimento de cultivares com o melhoramento genético têm proporcionado maiores potenciais produtivos e teor de óleo elevado nas sementes. Contudo, os novos genótipos são em geral mais sensíveis aos estresses.

O déficit de irrigação regulado ou irrigação deficitária consiste na aplicação de menor quantidade de água do que a estimada pelos métodos de determinação da necessidade hídrica das culturas (FERERES e SORIANO, 2007). As respostas a este tipo de técnica podem ser úteis para obter um aumento na eficiência de uso da água. A resposta integrada da planta, incluindo a assimilação de carbono, a alocação de fotoassimilados para as diferentes partes da planta, o ajustamento osmótico e a capacidade reprodutiva possibilita a sobrevivência e a manutenção em condições de estresse hídrico (RENAULT *et al.*, 2001). Estas respostas podem ter influência negativa no crescimento, porém promovem um equilíbrio entre a água utilizada e a biomassa produzida.

Sabendo-se da carência de recursos hídricos da região nordeste, estudos a respeito da tolerância à seca de plantas, como a mamona, são extremamente necessários. De acordo com Gomide *et al.* (1998).

O melhoramento genético da mamoneira no Brasil já permitiu melhorias na tecnologia de produção dessa oleaginosa, destacando-se o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, adaptadas a diversas regiões do país, apropriadas para diferentes tecnologias de colheita, resistentes a algumas doenças e com alto teor de óleo na semente (FREIRE; LIMA; ANDRADE, 2001).

Entre os fatores de competição presentes numa comunidade vegetal (água, luz e nutrientes), a maior demanda da cultura da mamona é por água (AZEVEDO *et al.*, 2001).

A cultivar BRS Gabriela de acordo com Embrapa Algodão 2012, a cultivar 'BRS Gabriela' têm origem na linhagem CNPAM 2001-42, selecionada em 2001, em Irecê, BA, a partir de linhagens segregantes oriundas de cruzamentos entre as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, com altura inferior aos parentais.

A cultivar foi testada em todos os estados da região Nordeste, e ainda em Goiás, Roraima e Rio Grande do Sul, mostrando-se mais produtiva que a 'BRS Energia' na maioria dos estados. A nova cultivar tem ciclo em torno de 150 dias entre o plantio e a

maturação dos últimos racemos. Apresenta produtividade média de 1900 kg/há⁻¹ em sequeiro, com altura de planta em torno de 160 cm. Em relação ao peso de 100 sementes, a BRS Gabriela, pode variar de 50 a 55 gramas, sendo que a BRS Energia é de 35 a 42 gramas. As sementes são rajadas, marrom avermelhada e bege, com teor de óleo em média de 50%. Outras características comparativas entre essas cultivares são observadas na Tabela 1. (Folder BRS Gabriela, Embrapa 2012).

Tabela 1. Características agrônômicas e tecnológicas das cultivares de mamona BRS Gabriela.

Características	BRS Gabriela	BRS Energia
Ciclo (dias após a emergência) ¹	150	120
Dias para floração após a emergência ¹	35-40	30-35
Altura média de plantas (cm) ¹	160	140
Número de cachos por planta ¹	5 a 8	2 a 8
Número médio de frutos por cacho	40	100
Deiscência dos frutos	indeiscente	indeiscente
Peso de 100 sementes (g)	50 a 55	35 a 42
Produtividade média (kg/ha) ^{1,2}	1.900	1.800
Teor médio de óleo (%)	50	48

¹ Estas características foram avaliadas segundo as recomendações técnicas apresentadas e podem apresentar variação em sistemas de cultivo diferenciado ou em condições ambientais distintas. Produtividade média em condições de sequeiro, em área experimental seguindo as recomendações técnicas preconizadas pela Embrapa.

A 'BRS Gabriela' tem mostrado adaptação a diferentes ecossistemas em que ocorram precipitações pluviiais adequadas ao desenvolvimento e crescimento da planta (pelo menos 500 mm). (Folder BRS Gabriela, Embrapa 2012).

Pelos caracteres morfológicos, apresenta as seguintes características:

- 1) Arquitetura de planta: ereta.
- 2) Cerosidade do caule: presente.
- 3) Coloração do caule: vermelha.
- 4) Face superior do limbo: pouco afunilada.
- 5) Pigmentação das nervuras: avermelhada.
- 6) Cerosidade da folha: ausente.
- 7) Coloração da folha: verde médio.
- 8) Flores masculinas no racemo: presentes no terço inferior.
- 9) Densidade do racemo: intermediária.
- 10) Forma do racemo: globosa.

- 11) Cera no fruto: presente.
- 12) Coloração do fruto: verde médio.
- 13) Há presença de acúleos.
- 14) Coloração dos acúleos: verde-rosado.
- 15) Sementes: rajada, bege e marrom-avermelhada, com formato elipsoide.

Para o monocultivo recomenda-se espaçamento de 1 m x 1 m. O preparo de solo deve ser feito com aração convencional e gradagens. A adubação deve ser feita com base na análise de solo. Enfatiza-se que a produtividade é altamente influenciada pela adubação, não somente por aumentar a produção de frutos, mas também porque torna as sementes maiores e mais pesadas. (Folder BRS Gabriela, Embrapa 2012).

Recomenda-se realizar a adubação de fundação (plantio) com potássio e fósforo nas covas, pois proporciona melhores condições de desenvolvimento e crescimento das plântulas. O plantio manual deve ser feito com duas sementes por cova e posterior desbaste quando as plantas estiverem com altura entre 10 cm a 12 cm, deixando-se uma planta por cova. A lavoura deve ser mantida sem competição com ervas invasoras até os 60 dias após a emergência. A colheita do cacho deve ser realizada quando todos os frutos estiverem secos, retirando-se os frutos do talo e levando-os para secar em local seco e coberto, a fim de facilitar o beneficiamento. O período de secagem depende das condições de clima após a colheita, sendo menor em regiões quentes e secas e aumentando à medida que aumente a umidade relativa do ar e/ou baixe a temperatura média. O armazenamento deve ser feito em ambientes secos e arejados. (Folder BRS Gabriela, Embrapa 2012).

3.5. Estresse hídrico

Segundo Schurr *et al.* (2000), o estresse hídrico na mamona afeta o seu desenvolvimento e a taxa de assimilação de CO₂, desta forma as plantas apresentam estrutura foliar reduzida. Por outro lado, o aumento da disponibilidade hídrica é responsável por uma atividade de crescimento mais pronunciada e eficiente.

A deficiência hídrica no período crítico de desenvolvimento da mamoneira reduz o número médio de folhas e a produção de biomassa, refletindo em baixas produtividades (BELTRÃO *et al.*, 2005).

A falta da água no florescimento afeta negativamente o teor de óleo (WEISS, 1983; KOUTROUBAS; PAPAKOSTA; DOITSINIS, 2000). Segundo Souza *et al.*

(2007a), a deficiência hídrica pode afetar o surgimento de novos cachos, refletindo na queda da produção, já que a mamoneira é uma planta de crescimento indeterminado que permanece crescendo e produzindo enquanto houver disponibilidade de água e nutrientes.

Azevedo *et al.* (2001) informam que a disponibilidade de água é o principal fator para definição da população de plantas ideal, ficando em segundo plano a fertilidade do solo e os outros fatores ligados ao clima.

3.6. Estresses hipoxítico e anoxítico

A maioria das plantas glicófitas, como a mamoneira, necessita de pelo menos 10 % de oxigênio na atmosfera do solo (ALMEIDA *et al.* 1992; AZEVEDO; BELTRÃO *et al.* 2007). Naturalmente, o solo tem baixos teores de oxigênio, decorrente da respiração de raízes, de animais e de micro-organismos, e sua difusão é lenta no meio edáfico. Por isso, é comum a ocorrência de deficiência de O₂, agravada por fatores geralmente associados à compactação e ao encharcamento do solo (FERNANDES, 2007).

A mamoneira apresenta extrema sensibilidade ao estresse por anoxia (encharcamento do solo) como verificado por Moraes e Severino (2004) e Severino *et al.* (2004). Reconhecidamente sensível ao encharcamento do solo, a cultura da mamona carece de muitas informações sobre os efeitos causados pelo encharcamento e também de mais entendimentos sobre a quantificação dos danos.

Segundo Beltrão *et al.* (2001) o estresse hídrico, tanto por deficiência como excesso reduz a altura das plantas, a fitomassa total e a relação raiz/parte aérea, fotossíntese da planta, bem como o processo respiratório oxidativo, além de alterações no metabolismo da planta, como redução da atividade da invertase, enzima chave no metabolismo dos açúcares, transformando a sacarose em glicose e frutose, e incremento da atividade da enzima T-amilase, especialmente com o excesso de água no solo, e deficiência de oxigênio.

Segundo Beltrão *et al.* (2008) a planta de mamona é extremamente sensível à deficiência de oxigênio no solo, não suportando a hipoxia. Aparentemente a baixa tolerância da mamoneira ao excesso de água no solo seria fator de predisposição para instalação do problema nessa espécie devido às alterações morfofisiológicas sofridas na planta sob deficiência de oxigênio no solo.

3.7. Irrigação na mamoneira

A mamoneira vem sendo explorada mundialmente, tanto em condições de sequeiro (dependente das chuvas), quanto em condições irrigadas, e apresenta média de produtividade muito baixa; isso retrata os problemas nos sistemas de cultivo utilizados em todos os países produtores. Diante dessa problemática, Beltrão (2004) afirma que a técnica da irrigação na ricinocultura se justifica caso o nível tecnológico empregado for elevado, para que se possa tirar o máximo possível de produtividade, com elevado teor de óleo de boa qualidade.

A água é o principal insumo da irrigação, seja em termos quantitativos como qualitativos (AYERS e WESTCOT, 1999). Em grande parte do território brasileiro, em especial o Nordeste, normalmente não se encontram condições naturais de precipitação pluvial, em quantidade e frequência suficiente para atender plenamente as necessidades hídricas das culturas, desta forma a prática da irrigação é fundamental para o bom rendimento das culturas de importância agrônômica (BARRETO; AMARAL, 2004).

O uso da irrigação localizada permite um controle rigoroso da quantidade de água fornecida as plantas, economia de água, menor mão de obra, otimização do uso de fertilizantes, uso de água com maior salinidade e boa uniformidade de aplicação da água, contudo este método de irrigação exige alto custo inicial com a compra de equipamentos, instalação e com a manutenção (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

A irrigação por gotejamento proporciona melhoria na qualidade da colheita, maior rendimento e eficiência no uso da água; além disso, permite, ainda, a aplicação simultânea de fertilizantes possibilitando, assim, a utilização mais racional desses fertilizantes, quando comparada com as outras formas de aplicação (NOGUEIRA *et al.*, 2000).

A mamoneira é uma planta considerada rústica, de boa capacidade de adaptação, xerófila e heliófila (AMORIM NETO *et al.*, 2001; BELTRÃO *et al.*, 2003), necessitando de precipitações regulares na sua fase vegetativa e de períodos secos na fase de maturação dos frutos. No entanto, o excesso de umidade é prejudicial em qualquer período da lavoura, sendo mais críticos os estádios de plântula e de colheita (AZEVEDO *et al.*, 1997).

O suprimento adequado de água por meio da irrigação possibilita à planta manter um contínuo fluxo de água e de nutrientes do solo para as folhas, favorecendo os

processos de crescimento, floração e frutificação da planta, o que acarreta em aumento da produtividade e melhoria da qualidade do fruto (SANCHES & DANTAS, 1999; COELHO *et al.*, 2003).

Drumond *et al.* (2006a), estudando o comportamento de diferentes genótipos de mamoneira irrigados por gotejamento em Juazeiro, BA, observaram que alguns genótipos apresentaram grande potencial produtivo para o plantio com irrigação por gotejamento. Em outro estudo realizado em Petrolina, PE, averiguou-se que o uso da irrigação aumentou a produtividade de sementes em duas vezes (DRUMOND *et al.*, 2006b).

Sabe-se que a prática da irrigação, em geral, eleva a produtividade das culturas, porém, o que se tem observado em cultivos extensivos, como a cultura da mamoneira, é a não adoção dessa tecnologia. Já para o caso de produção de sementes, a irrigação é largamente utilizada e existem relatos de cultivos comerciais na Bahia, obtendo-se produtividades acima de 5.000 kg ha⁻¹ (CARVALHO, 2005).

Rodrigues *et al.* (2006), trabalhando com duas cultivares de mamona (BRS-149 Nordestina e BRS-188 Paraguaçu) na Paraíba, testaram cinco níveis de irrigação e obtiveram resultados em que as variáveis data da emissão, comprimento do racemo, número de frutos, data da colheita, densidade, fitomassa, fitomassa média do fruto e peso de 100 sementes aumentaram significativamente com o incremento do nível de irrigação utilizado.

O uso da irrigação na agricultura e em especial na ricinocultura somente se justifica utilizando-se elevada tecnologia para se tirar o máximo possível de produtividade, com elevado teor de óleo de boa qualidade, considerando-se o teor ricinoleico que deve ser superior a 89%, e a baixa acidez (BELTRÃO *et al.*, 2004). Desta forma, escolher o sistema de irrigação mais adequado, que trará maiores produtividades com menores custos e de forma sustentável é fundamental para produção da mamona irrigada no nordeste brasileiro.

Segundo Souza (2007), a irrigação na cultura da mamoneira ainda é pouco estudada mundialmente, fato pelo qual deve ser maior o investimento em pesquisas nessa área, com o objetivo de se obter detalhes quanto à demanda hídrica da cultura, resultando em ganho de produtividade com o aumento da eficiência da lavoura.

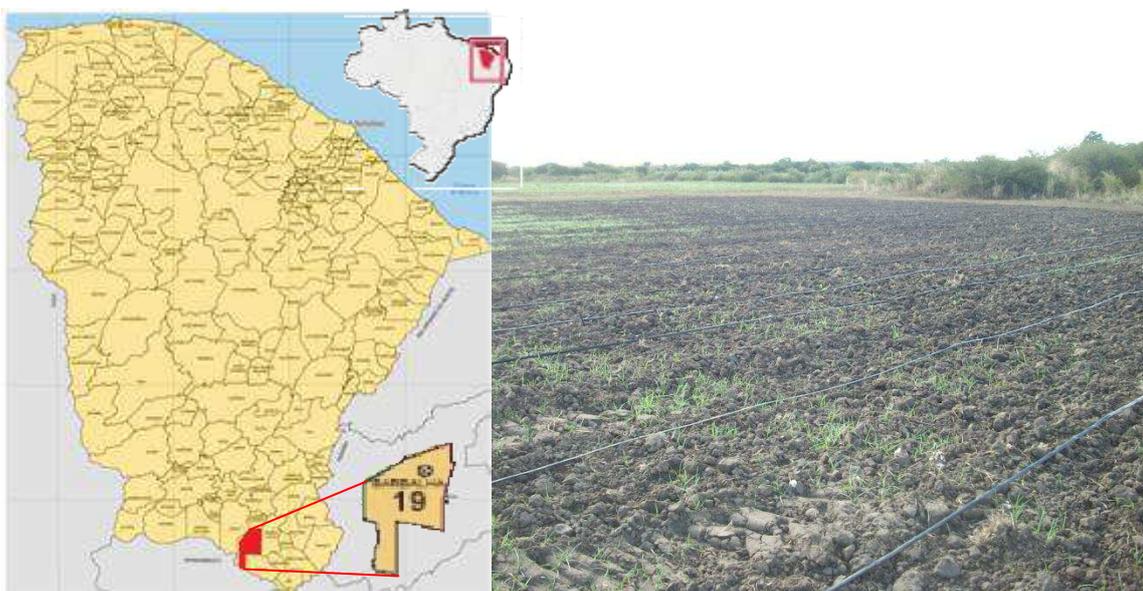
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização do experimento

4.1.1. Localização

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Algodão, no município de Barbalha – CE, localizado nas coordenadas geográficas 7°19' S de latitude, 39°18' O de longitude e 409,03 m de altitude (RAMOS *et al.*, 2009).

Figura 1 - Localização da área experimental. Embrapa Algodão, Barbalha, CE, 2012



4.1.2. Clima

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), é do tipo “CSa”, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. O período chuvoso é de março a junho e o mais seco de outubro a dezembro.

4.1.3. Solo

O município de Barbalha, situado a nordeste da Chapada do Araripe possui dois tipos principais de solo: latossolo e sedimentar cuja a principal elevação é a serra do Araripe (SUDENE-ASMIC, 1967).

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta de amostras de solo deformadas e indeformadas, na área experimental, para determinação das características

químicas (macronutrientes) e físicas (porosidade total, macro e microporosidade, densidade do solo, curva característica de retenção de água no solo e textura).

O preparo do solo foi realizado com subsolagem e gradagem, sendo a calagem e adubação de fundações realizadas de acordo com a recomendação para a cultura da mamoneira em função da análise de solo. Os tratos culturais (controle de plantas invasoras, pragas e doenças, e adubação de cobertura) forão realizados de acordo com as recomendações da cultura.

Tabela 2. Classificação Textural

Profundidade.	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação textural
0-30	40	15	12	33	Franco argilo arenoso
30-60	30	15	16	39	Argilo arenoso

Tabela 3. Caracterização físico-hídrica do solo

Profundidade.	Capacidade de campo (%)	Ponto de murcha (%)	Densidade Aparente (g cm ⁻³)	Densidade global (g cm ⁻³)
0-30	24,16	12,15	1,40	2,61
30-60	24,33	12,11	1,47	2,58

Boletim No. 42/11 – Lab. Solos e Nut. de Plantas da Embrapa Algodão

4.2. Descrição da área experimento

A área total ocupada pelo experimento foi de 1.644 m² (30 x 54,8) com a área da parcela: 7,5 x 10,8 = 81,0 m² e uma área útil de 7,0 x 7,2 = 54,4 m² com 6 fileiras duplas, sendo 4 fileiras duplas úteis. 30,0 x 10,8 = 324 m² (Figuras 2A e 2B).

Figura 2A - Vista geral da área experimental

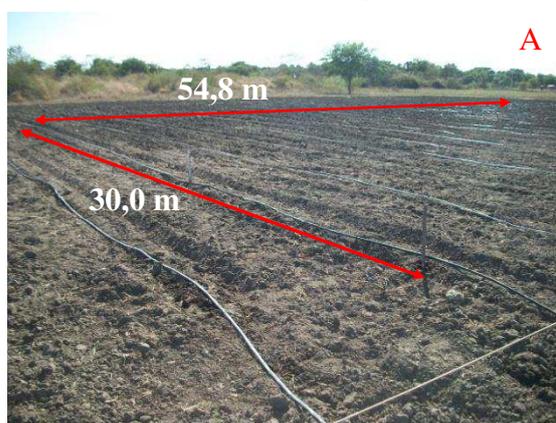
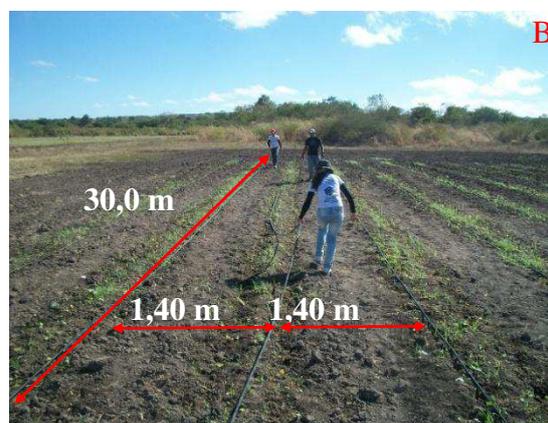


Figura 2B - Parcela detalhada. Barbalha, CE 2012



4.3. Delineamento experimental

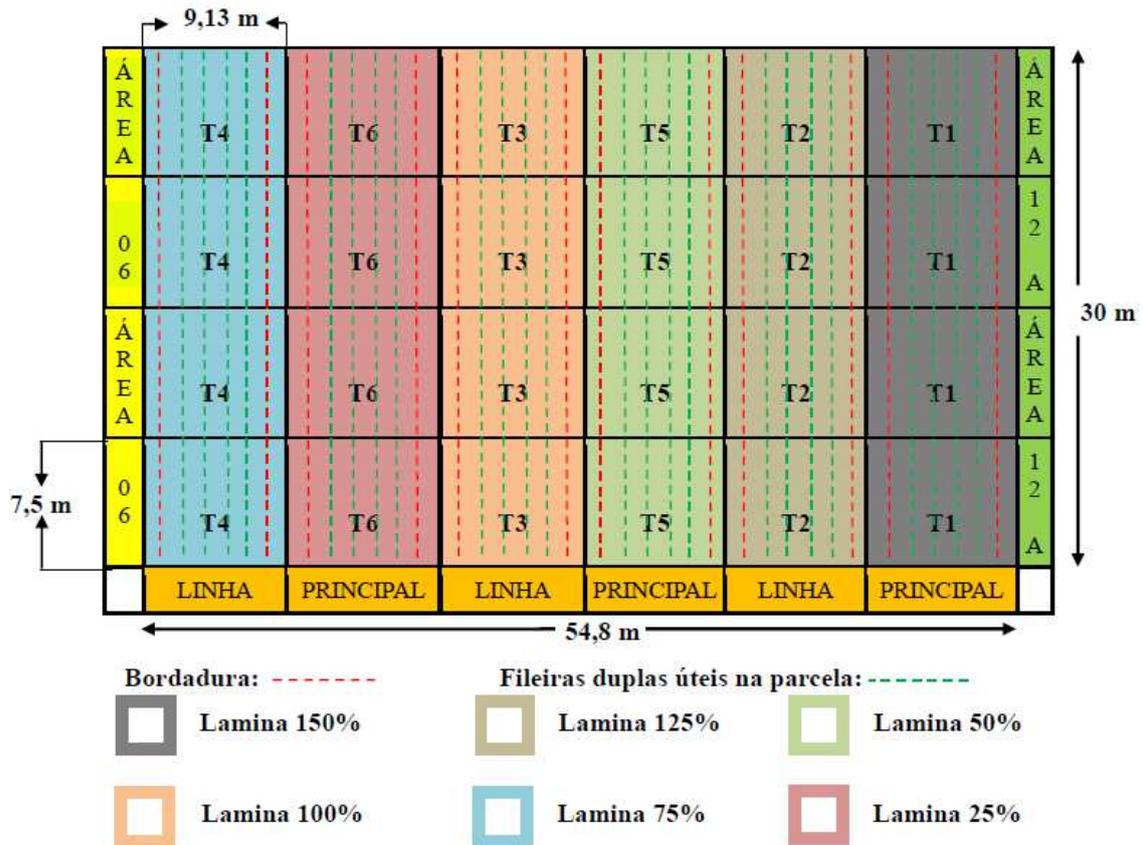
O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com distribuição em faixas, com 4 repetições. As parcelas experimentais tiveram dimensão de 6 linhas de plantio com 7 metros de comprimento, sendo considerado área útil as 4 linhas centrais, e 5 metros de comprimento; na Figura 3 pode ser visualizado o croqui da área experimental.

Os tratamentos foram distribuídos em 6 lâminas de irrigação [150, 125, 100, 75, 50 e 25% da evapotranspiração da cultura (ET_c)], como mostra a tabela 4. A ET_c foi estimada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET₀), obtida através do método de Penman-Monteith FAO-56, pelo coeficiente da cultura K_c (FAO 56) (ALLEN *et al.*, 1998), com turno de rega fixo de 2 dias. Os dados meteorológicos para o cálculo da ET₀ foram obtidos da Estação Meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, localizada na região de Barbalha - CE.

Tabela 4. Tratamentos de irrigação

TRATAMENTOS	T ₁ – 150 % da Evapotranspiração da cultura (ET _c)
	T ₂ – 125 % da Evapotranspiração da cultura (ET _c)
	T ₃ – 100 % da Evapotranspiração da cultura (ET _c)
	T ₄ – 75 % da Evapotranspiração da cultura (ET _c)
	T ₅ – 50 % da Evapotranspiração da cultura (ET _c)
	T ₆ – 25 % da Evapotranspiração da cultura (ET _c)

Figura 3 – Croqui da área 7 no campo experimental. Barbalha, CE, 2012



4.4. Preparo da área

O preparo do solo iniciou no dia 7 de agosto de 2012 e constou de roçagem, gradagem, subsolagem e gradagem e marcação das covas no espaçamento de 1,4 m entre linha e 0,4 m deixando-se duas plantas por metro.

4.5. Instalação do sistema de irrigação

O sistema de irrigação foi instalado no dia 14 de agosto de 2012 tendo como fonte de alimentação o poço da área 7 no campo experimental da Embrapa Algodão, segundo a figura 4A e 4B.

O método de irrigação adotado foi do tipo localizado, por gotejamento, com 1 linha de gotejadores para cada fileira dupla, com gotejadores espaçados de modo a se formar uma faixa molhada. Sendo o sistema por gotejamento constituído de: conjunto motobomba de 3,0 cv; cabeçal de controle, constituído por filtro de disco, tubo de Venturi, tomada de pressão e registros; tubulações, linha principal, linha de derivação, nesta continha um cavalete com hidrômetro e válvula anti-vacúo e 36 linhas laterais,

sendo uma por fileira dupla de planta; gotejadores tipo autocompensantes, modelo katif, com vazão de $2,0 \text{ l h}^{-1}$ a uma pressão de serviço de 100 kPa .

Figura 4A e 4B – Instalação das linhas de gotejo na área experimental. Barbalha, CE, 2013



4.6. Adubação

A adubação baseou-se na análise química do solo e exigências nutricionais da cultura. Foi aplicado o equivalente a 300 kg MAP , $33 \text{ kg de N ha}^{-1}$, $150 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, tendo sido usado como fonte do nutrientes o fosfato de monoamônio (MAP), respectivamente. Foram distribuídos de forma mecanizada, por ocasião da confecção dos sulcos para plantio. Para adubação de cobertura foi aplicado $50 \text{ kg de N ha}^{-1}$ na forma de ureia.

4.7. Instalação e condução da cultura no campo

4.7.1. Semeadura e estabelecimento da cultura

A cultivar usada foi semeada diretamente no solo em covas abertas manualmente nas parcelas no dia 21 de agosto de 2013, sendo colocados 2 sementes por cova. A germinação deu-se a partir do 5º dia após a semeadura (DAS). No 7º e no 13º DAS foi observado 85 % e 99 % de germinação, respectivamente. No dia 3 de setembro de 2012 procedeu-se o desbaste deixando 1 planta por cova.

4.7.2. Irrigação

Antes do plantio foi efetuada uma irrigação de toda a área visando elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo, e após o plantio, a irrigação passou a ser

realizada diariamente, sendo aplicada uma pequena lâmina, de modo a garantir uma boa germinação das sementes e uniformidade de estande. Em torno de 15 dias após a germinação se iniciou a aplicação dos tratamentos de lâminas de irrigação, com um turno de rega de 2 dias.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi determinada pela seguinte equação:

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (1)$$

Onde:

ETc - evapotranspiração da cultura

ET₀ - evapotranspiração de referência

Kc - coeficiente da cultura

A ET₀ foi determinada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO 56 para o cálculo da evapotranspiração que utiliza a equação:

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2)$$

em que

ET₀ - Evapotranspiração de Referência, mm dia⁻¹;

R_n - Radiação líquida total do gramado, MJ m⁻² dia⁻¹;

G - Densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

T_m - Temperatura média diária do ar a 2 m de altura, °C;

u₂ - Velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s⁻¹;

e_s - Pressão de saturação de vapor médio diário, kPa;

e_a - Pressão atual de vapor médio diário, kPa;

e_s-e_a - Déficit de saturação de vapor médio diário, kPa;

Δ - Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m, kPa °C⁻¹;

γ - Coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹.

Os valores diários do Kc utilizados foram os recomendados por FAO 56 (Allen et al., 1998).

4.7.3. Controle de plantas daninhas

O controle das plantas daninhas foi realizado manualmente e sempre que necessário. Durante o ciclo da cultura foram realizadas 6 capinas com enxada.

O controle fitossanitário deu-se com o aparecimento dos primeiros manifestos das pragas no campo. Nos primeiros dias pós-germinação foi utilizado Formicidol para controle das saúvas. Com o aparecimento da mosca branca (*Bemisia argentifolii*) e lagarta na área experimental foram utilizados Confidor e Dipel respectivamente.

4.8. Colheita e beneficiamento

Foi realizada uma colheita no dia 10 de dezembro de 2012, quando todos os frutos do racemo estavam secos. Os frutos colhidos foram acondicionados em sacos plásticos identificados e mantidos por uma semana em ambiente adequado para perder umidade para facilitar o beneficiamento.

Para o beneficiamento utilizou-se o método manual para um melhor rendimento de frutos descascados e sementes intactas.

4.9. Variáveis avaliadas

4.9.1. Altura da planta

A altura da planta foi obtida com auxílio de uma trena graduada em centímetros, do colo da planta até o broto terminal.

4.9.2. Diâmetro do caule

O diâmetro do caule foi mensurado, em mm, na região do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital.

4.9.3. Número de racemos por planta

O número de racemos por planta foi determinado por categoria: primeira, segunda e terceira ordem. Foram somados os racemos produzidos pelas plantas 2, 4, 6 e 8 da linha principal, plantas úteis, e em seguida dividido por quatro, para se obter o número médio de racemos produzidos por planta.

4.9.4. Comprimento do racemo primário

O comprimento do racemo foi obtido com auxílio de uma trena graduada em centímetros. Para obtenção do comprimento médio, foram medidos e somados o comprimento de todos os racemos primários.

4.9.5. Altura de inserção do primeiro racemo

A altura de inserção do primeiro racemo foi aferida através de uma trena graduada em centímetros. Medindo-se no começo da inserção até o ápice do primeiro racemo.

4.9.6. Número de frutos no racemo primário

Para determinação do número médio de frutos por racemo, foram contados os frutos de cada racemo primário, separadamente.

4.9.7. Área foliar

Para o cálculo da área foliar utilizou-se a equação proposta por Severino *et al.*, (2004).

$$S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0898} \quad (3)$$

Onde:

S - área;

P - comprimento da nervura principal;

T - média do comprimento das nervuras laterais.

4.9.8. Peso de 100 sementes

De posse das sementes beneficiadas, foram contadas aleatoriamente cem sementes e em seguida pesadas em balança digital de precisão 0,1 g. Após pesadas, acondicionadas em sacos e identificadas, as amostra de sementes, separadas por bloco, parcelas e subparcelas.

4.9.9. Produtividade

A produtividade foi determinada através dos dados do peso de sementes por parcela e depois e da área extrapolada por hectares.

4.9.10. Teor de óleo

A análise do teor de óleo foi feita pelo método de RMN de baixo Campo (Ressonância Magnética Nuclear).

4.10. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 1 % e 5 % de probabilidade. Quando verificados efeitos significativos das lâminas de irrigação, os dados foram submetidos à análise de regressão, sendo selecionados os modelos que apresentaram melhores níveis de significância e coeficiente de determinação (R^2). Foi utilizado o software SISVAR 5.3 para realização das análises estatísticas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lâminas de irrigação totais aplicadas na mamoneira ‘BRS Gabriela’ durante o período experimental são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Lâminas de irrigação aplicadas, em mm, nos diversos tratamentos durante o período de realização do experimento. Embrapa Algodão, Barbalha, CE, 2012.

Lâminas de irrigação aplicadas						
Tratamentos (% ETc)	25	50	75	100	125	150
Total (mm)	208,88	341,64	474,4	607,16	739,91	872,67

Observou-se, em campo, que as plantas que foram submetidas à irrigação baseada em 125 e 150% da evapotranspiração da cultura, aos 50 dias após a emergência das plântulas (DAE), iniciaram um processo de murchamento e amarelamento, que levou à morte das mesmas até os 100 DAE.

O solo da área experimental foi classificado, entre 0-30 cm de profundidade, como franco argiloso arenoso e, entre 30-60 cm, como argilo arenoso, ou seja, possui teores relativamente altos de partículas de argila, pois as forças de adsorção no solo dependem, basicamente, da espessura do filme de água que recobre as partículas, a qual varia de acordo com sua superfície específica (SILVA *et al.*, 2005) e, de acordo com Carvallo Guerra (2000), as partículas de argilas possuem elevadas superfícies específicas, absorvendo ou perdendo água e apresentando alto grau de atividade físico-química. Segundo Hurtado *et al.* (2005), uma das propriedades que determinam a densidade do fluxo de água no solo é a condutividade hidráulica, que mede a habilidade do solo em conduzir água. Através do método do infiltrômetro de anel (BRANDÃO *et al.*, 2009), foi mensurado o valor da condutividade hidráulica do solo saturado no presente estudo, obtendo-se o valor de $0,79 \text{ mm hora}^{-1}$, que é considerado muito baixo, conforme adaptação de Kramer (1969), o que dificulta a capacidade de infiltração de água no solo, deixando as plantas cultivadas mais susceptíveis à estresses por excesso de água.

Dessa forma, pode-se atribuir a senescência das plantas submetidas aos maiores níveis de irrigação (125 e 150% da ETc) à deficiência (hipoxia) ou até mesmo à ausência (anoxia) de O₂ no meio edáfico (TAIZ e ZEIGER, 2013), em razão do excesso de água acumulada no solo. Dutra *et al.* (2012) afirmam que, em solos alagados, ocorre falta de oxigênio para as raízes, o que provoca a morte dos tecidos radiculares por favorecer a fermentação láctica e acidose nas células, podendo também levar a redução na absorção de nutrientes e água por falta de energia.

Resultados semelhantes aos deste estudo foram observados por Severino *et al.* (2005), que concluíram que a mamoneira não sobreviveu ao encharcamento do solo por período superior a 4 dias e que os principais sintomas deste fator abiótico foram: morte da raiz pivotante; surgimento de raízes espessas e superficiais; alargamento (hipertrofia) do colo da planta formando um tecido esponjoso, seguido de necrose e morte do floema; folhas posicionando-se verticalmente e murchando a seguir; e curvamento de pecíolos foliares e do caule. Moraes e Severino (2004) e Severino *et al.* (2004a) verificaram que a mamoneira possui extrema sensibilidade ao estresse por anoxia (encharcamento do solo).

Conforme análise de variância (Tabela 6), constata-se que as lâminas de irrigação não afetaram de maneira significativa as seguintes variáveis: diâmetro do caule (DC), número de racemos por planta (NRAC), comprimento de racemo primário (COMPRAC), altura de inserção do primeiro racemo (ALTRAC), número de frutos no racemo primário (NFRUTAC), peso de 100 sementes (P 100 S) e teor de óleo (TOL). Todavia, as variáveis altura da planta (AP) ($p < 0,01$), área foliar (AF) ($p < 0,05$) e produtividade (PROD) ($p < 0,01$) foram afetadas significativamente pelas diferentes lâminas de água, com base na evapotranspiração da cultura, de acordo com o Teste F.

Tabela 6: Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (ALT_cm), diâmetro do caule (DC_mm), área foliar (AF_cm²), número de racemos por planta (NRAC), comprimento do racemo primário (COMPRAC_cm), altura de inserção do racemo primário (ALTRAC_cm), número de frutos no racemo primário (NFRUTRAC) peso de 100 sementes (P 100 S_g), teor de óleo (%) e produtividade (PROD_kg ha⁻¹) da cultivar BRS Gabriela em função das lâminas de irrigação ao solo. Embrapa Algodão. Barbalha, CE, 2013

FV	GL	ALT	DC	AF	NRAC	COMPRAC	ALTRAC	NFRUTRAC	P 100 S	TOL	PROD
Quadrado médio											
Trat	3	939,39 ^{**}	4,15 ^{ns}	12195065,14 [*]	4,54 ^{ns}	0,23 ^{ns}	8,09 ^{ns}	3,52 ^{ns}	2,13 ^{ns}	3,69 ^{ns}	272204,78 ^{**}
Bloco	3	127,34 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1392713,69 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,95 ^{ns}	2,34 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,86 ^{ns}	8608,14 ^{ns}
Erro	9	105,34	10,13	2027934,31	1,89	1,91	20,11	2,71	5,01	2,31	11733,51
Total	15										
MG		97,50	16,67	6344,15	5,10	6,15	42,07	4,18	47,17	53,77	649,65
CV (%)		10,52	19,09	22,45	26,93	22,50	10,66	39,38	4,75	2,83	16,67

^{**}e ^{*} - significativo a 1% e 5% de probabilidade; ^{ns} - não significativo; MG - média geral; CV - coeficiente de variação.

Tabela 7: Análise de regressão para as variáveis agronômicas estudadas em função das lâminas de irrigação aplicadas ao solo. Barbalha, CE, 2013

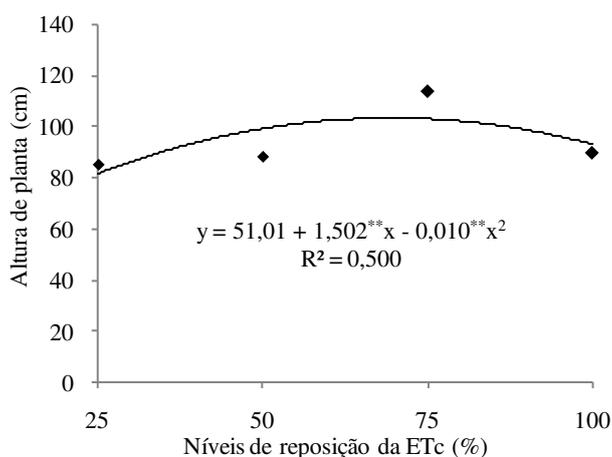
Parâmetros	Quadrado Médio										
	GL	ALT	DC	AF	NRAC	COMPRAC	ALTRAC	NFRUTRAC	P 100 S	TOL	PROD
R. Linear	1	678,61 [*]	11,34 ^{ns}	2730154,22 ^{ns}	4,87 ^{ns}	0,61 ^{ns}	7,65 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,56 ^{ns}	558336,24 ^{**}
R. Quadrática	1	248,06 [*]	1,11 ^{ns}	3349009,80 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,56 ^{ns}	2,96 ^{ns}	8,51 ^{ns}	217778,55 ^{**}
Desvio	1	1891,51 ^{**}	0,00 ^{ns}	30506031,41 ^{**}	7,35 ^{ns}	0,02 ^{ns}	15,97 ^{ns}	9,80 ^{ns}	2,91 ^{ns}	0,02	40499,55 ^{ns}
Erro	9	105,34	10,13	2027934,31	1,89	1,91	20,11	2,71	5,01	2,31	11733,51

^{**}e ^{*} - significativo a 1% e 5% de probabilidade; ^{ns} - não significativo.

5.1 Altura das plantas

A altura média das plantas da mamoneira 'BRS Gabriela' foi influenciada pelas lâminas de irrigação aplicadas ao solo ($p < 0,01$). O coeficiente de variação obtido nesta variável foi de 10,52% (Tabela 6), considerado médio, indicando média precisão experimental, porém, bastante aceitável para um experimento a nível de campo (STORCK *et al.*, 2000). Apesar do baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,5$), os dados se ajustaram melhor ao modelo polinomial de segundo grau (Tabela 7) e, de acordo com equação de regressão (Figura 5), constatou-se que a altura da planta foi incrementada com o aumento da lâmina de irrigação até o limite de 77,0% da evapotranspiração da cultura, que proporcionou uma altura da planta máxima de 107,4 cm, havendo redução a partir daí. Observou-se ainda que o menor valor de altura das plantas (82,3 cm) foi proporcionado pela menor lâmina aplicada (25%).

Figura 5 – Altura da planta (ALT cm) da mamoneira, em função das diferentes lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2013.



Notadamente, houve estresse na mamoneira tanto por falta como por excesso de água. A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico na planta é a diminuição da turgescência, associada a esse evento, a diminuição do processo de crescimento (particularmente o crescimento em extensão), devido à redução do metabolismo das proteínas e dos aminoácidos, que causa a interrupção da divisão celular (LARCHER, 2000). Por outro lado, o excesso hídrico causa a falta de oxigênio, prejudicando a respiração e a assimilação dos fotoassimilados como indicado por (MOREIRA *et al.*, 2009).

Carvalho Júnior *et al.* (2010) constataram que a lâmina de 678 mm, correspondente a 75% da ETo, foi a mais satisfatória para o crescimento em altura, diâmetro e área foliar da mamoneira cv. ‘BRS Energia’, possivelmente por suprir adequadamente, sem provocar déficits nem excesso, as necessidades hídricas em todo o ciclo de crescimento e desenvolvimento da planta. Nunes *et al.* (2013), avaliando o crescimento de mamoneiras cv. Paraguaçu e Nordestina em função de níveis de reposição de água constataram que a altura das plantas foi influenciada positivamente pelo aumento na disponibilidade hídrica do solo nas duas cultivar estudadas, havendo efeito linear crescente, com incremento em altura de 30,07% e 30,02% nas cv. Paraguaçu e Nordestina, respectivamente, comparando-se o menor (40% da capacidade de campo) ao maior nível de reposição hídrica (100% da capacidade de campo).

5.2 Área foliar

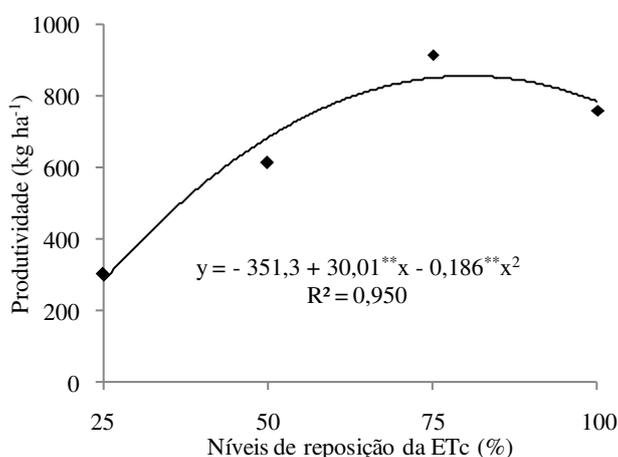
A área foliar é um índice de fundamental importância em estudos de crescimento vegetal, visto que determina o metabolismo, a capacidade fotossintética potencial, o rendimento e a qualidade da colheita (OLIVEIRA *et al.*, 2013b). A redução da AF propicia uma diminuição na capacidade da planta de aproveitar a energia solar (REIS *et al.*, 2013). No presente estudo, a área foliar (AF) da mamoneira ‘BRS Gabriela’ foi afetada de maneira significativa pelas lâminas de irrigação (Tabela 6), porém, conforme análise de regressão (Tabela 7), não houve ajuste dos dados em nenhum dos modelos matemáticos avaliados (linear e polinomial de segundo grau). As médias de área foliar observadas nas plantas sob as lâminas de irrigação baseadas em 25, 50, 75 e 100% da ETc, respectivamente, foram de: 6864,97 cm²; 3849,3625 cm²; 7923,925 cm²; e 6738,3475 cm². Acredita-se que algum erro experimental (aos tratamentos) pode ter influenciado negativamente as plantas submetidas à lâmina de 50% da ETc, ocasionando valores muito baixos na AF em relação às demais, pois, problemas exteriores são comuns em experimentos em nível de campo, devido à maior dificuldade de controle do ambiente experimental.

5.3 Produtividade

Os níveis crescentes de reposição da evapotranspiração afetaram de maneira significativa a produtividade (PROD) da mamoneira ‘BRS Gabriela’ (Tabela 6). Observa-se, na (Figura 6), que houve melhor ajuste dos dados ao modelo polinomial quadrático, com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,95$). A produtividade da mamoneira aumentou com o incremento da lâmina até o nível de 81,0% da ETc, que

propiciou uma produtividade máxima de 859,18 kg de sementes por hectare, havendo redução da variável a partir deste ponto, por outro lado, a produtividade mínima (282,7 kg ha⁻¹) foi ocasionada pela menor lâmina aplicada (25% da ETc), o que indica que tanto o déficit como o excesso de água aplicada via irrigação podem prejudicar o rendimento da mamoneira ‘BRS Gabriela’. Para Beltrão (2006), o prolongamento do tempo em que a planta encontra-se sob estresse poderá ocasionar redução na produtividade dos racemos de ordens mais elevadas, uma vez que parte da energia da planta está sendo utilizada para corrigir disfunções da planta.

Figura 6 – Produtividade (PROD) da mamoneira, em função das diferentes lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2013.



Os resultados encontram no presente estudo corroboram aqueles encontrados por Biscaro *et al.* (2012), estudando a produtividade das mamoneiras cv. ‘IAC 80’ e ‘IAC 2028’, observaram uma resposta quadrática significativa da produtividade das duas cultivares em função da lâmina de água aplicada, obtendo-se 1513,9 e 1452,4 kg de sementes por hectare, para IAC 80 e IAC 2028, respectivamente, ambas com a lâmina de 150% da evapotranspiração, havendo redução a partir daí. Os autores supracitados afirmaram que a quantidade de água aplicada, mesmo de forma suplementar, foi importante para aumentar a produtividade da cultura.

De forma similar em estudo de Moreita *et al.* (2009), também foi constatado melhor ajuste dos dados correspondentes à produtividade de sementes da mamoneira ‘IAC Guarani’ ao modelo polinomial quadrático, verificando-se que o valor máximo da variável (4129,0 kg ha⁻¹) foi obtido nas plantas irrigadas com 105,5% de reposição da

evaporação do tanque ‘Classe A’. Os autores comentam que a produtividade da mamoneira tende a diminuir com a aplicação lâminas de irrigação muito elevadas, em razão de um possível excesso hídrico, que ocasiona a diminuição da pressão de oxigênio (hipoxia) ou a falta do mesmo (anoxia), dificultando a respiração das plantas e, conseqüentemente, diminuindo a produção de energia necessária para a síntese e translocação dos compostos orgânicos e a absorção ativa dos mesmos.

5.4 Diâmetro do caule, numero de racemos por planta, comprimento do racemo primário, altura da inserção do primeiro racemo, numero de frutos no racemo primário, peso de 100 sementes e teor de óleo

Não foi constatada significância estatística das lâminas de irrigação sobre as variáveis, diâmetro do caule, número de racemos por planta, comprimento de racemo primário, altura de inserção do primeiro racemo, número de frutos no racemo primário, peso de 100 sementes e teor de óleo, porém, os valores médios obtidos nestas variáveis estão contidos na (Tabela 6). O diâmetro caulinar médio da mamoneira foi de 16,67 mm; o número médio de racemos por planta foi de 5,10; o comprimento médio do racemo primário foi de 6,15 cm; a altura média de inserção do racemo primário foi de 42,07 cm; o número médio de frutos do racemo primário foi de 4,18; o peso médio de 100 sementes foi de 47,17 g; e o teor de óleo médio foi de 53,77%.

Com relação a estas variáveis, os resultados obtidos divergem dos resultados observados por Biscaro *et al.* (2012), que verificaram efeito quadrático no número de racemos por planta e na massa de 100 sementes em função do aumento da lâmina de irrigação nas cultivares de mamoneira ‘IAC 80’ e ‘IAC 2028’. Também Nobre (2007), estudando os efeitos de lâminas de irrigação em níveis de 25, 50, 75, 100, 125% da evapotranspiração real da cultura sobre a mamoneira cv. ‘IAC Guarani’, constatou que o maior peso de 100 sementes foi obtido quando aplicada a lâmina de 75% da evapotranspiração, e, em seguida, os valores em peso, decresceram com o aumento das lâminas.

Moreira *et al.* (2009), avaliando o peso de 100 sementes dos racemos de 1ª, 2ª e 3ª ordem da mamoneira cv. ‘IAC Guarani’, verificaram que o modelo polinomial quadrático foi o mais adequado, onde os valores máximos foram de 42,9 g; 43,9 g e 42,8 g para as lâminas de irrigação de 53,28; 125 e 112,3% da evaporação do tanque ‘Classe A’, respectivamente. Freitas *et al.* (2010), analisando o número de frutos por racemo de cultivares de mamona em diferentes níveis de irrigação por gotejamento, também obtiveram resultados contrários ao obtidos no presente estudo, onde registraram

aumento linear da variável na cultivar ‘IAC Guarani’ e efeito quadrático na ‘BRS Paraguaçu’. Freitas (2009), avaliando a mamoneira cv. ‘Mirante 10’, observou que as lâminas de 182,7, 365,4, 548,1, 730,8 e 913,5 mm de água proporcionaram números de racemos por planta na ordem de 5,67, 9,42, 13,00, 13,75 e 13,92, respectivamente, ou seja, houve uma diferença de 145% entre o número de racemos por planta da primeira à quinta lâmina de irrigação.

De um modo geral, pode-se constatar que a morte das plantas correspondentes às lâminas de 125 e 150% da ETC possivelmente ocorreu devido ao excesso hídrico, que tem como a principal consequência 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; BELTRÃO *et al.*, 2003).

Nas plantas submetidas às menores lâminas de irrigação, os menores valores ,provavelmente, ocorreram em razão do déficit hídrico, que provoca o fechamento dos estômatos, diminuindo a fotossíntese e, conseqüentemente, reduzindo as atividades fisiológicas das plantas (DOBASHI *et al.*, 1998; SCHURR *et al.*, 2000; REGO *et al.*, 2004; VIDAL *et al.*, 2005), o que reflete em uma menor produtividade de sementes.

Em suma, os resultados deixam claro que, nas condições climáticas do Nordeste brasileiro, cultivos de mamoneira cultivar ‘BRS Gabriela’, com o uso de irrigação, têm a sua produtividade aumentada. Essas constatações estão em corroboração com Nobre (2007), na cultura da mamoneira, Silva *et al* (2007), na cultura do girassol, Ramos (2002), na cultura da pupunha e Silva e Beltrão (2000), na cultura do amendoim.

6. CONCLUSÕES

1. O crescimento da mamoneira ‘BRS Gabriela’ foi beneficiado quando a planta foi irrigada com lâmina de água até o limite de 77% da evapotranspiração da cultura;
2. A produtividade da mamoneira ‘BRS Gabriela’, nas condições edafoclimáticas do município de Barbalha – CE, atinge seu pico (859,18 kg de sementes por hectare) quando as plantas foram irrigadas com uma lâmina de irrigação correspondente a 81% da evapotranspiração da cultura;
3. Lâminas de irrigação de 25 e 50% da evapotranspiração da cultura proporcionaram decréscimos no crescimento e na produtividade da mamoneira ‘BRS Gabriela’, em razão do estresse por deficiência hídrica no solo;
4. Lâminas de irrigação de 100% da evapotranspiração da cultura provocaram reduções no crescimento e produtividade da mamoneira ‘BRS Gabriela’, devido aos estresses anóxicos e hipoxícticos causados por excesso de água no solo;

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ALMEIDA, O. A.; BELTRÃO, N. E. M.; CARVALHO GUERRA, H. O. Crescimento, desenvolvimento e produção de algodoeiro herbáceo em condições de anoxia do meio edáfico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 9, p. 1259-1277, 1992.
- ALVIM, P. T. Theobroma cacao. In: HALEVY, A. H. (ed.). **Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC Press, 1985.
- AMORIM NETO, M. S.; ARAÚJO, E.; BELTRÃO, N. E. M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-76.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. (FAO, Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O Agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. (EMBRAPA- CNPA. Circular Técnica, 25).
- AZEVEDO, D. M. P.; NÓBREGA, L. B.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 121-160.
- 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., 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.
- BASNAYAKE, J., COOPER, M., LUDLOW, M. M., HENZELL, R. G., SNELL, P. J. Inheritance of osmotic adjustment to water stress in three grain sorghum crosses. **Theor Appl Genet**, v. 90, n. 5, p. 675-682, 1995.
- BELTRÃO, N. E. M. **Sistema de Produção de Mamona em Condições Irrigadas: Considerações Gerais**. Campina Grande-PB: Embrapa Algodão, 2004.
- BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na Região Nordeste, em especial o semiárido e outros aspectos ligados a sua cadeia**. Campina Grande: Embrapa, 2004. (Comunicado Técnico, 213).

BELTRÃO, N. E. M.; CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R. P.; SOARES, J. J.; SILVA, O. R. R. F. **O cultivo sustentável da mamona no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa, 2005. (Circular técnica, 84).

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (eds.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2001. p. 37-62.

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre o sistema de produção em condições irrigadas: condições gerais**. Campina Grande: Embrapa, 2003. (Documentos, 132).

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Sistemas de produção para a cultura da mamona na agricultura familiar no semi-árido nordestino**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. (Folder).

BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; SILVA, G. A.; OLIVEIRA, M. I. P. Estresses hipoxítico e anoxítico em plantas de mamoneira. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa, 2008.

BISCARO, G. A.; VAZ, M. A. B.; GIACON, G. M.; GOMES, E. P.; SILVA, S. B.; MOTOMIYA, A. V. A. Produtividade de duas cultivares de mamona submetidas a diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 925-930, 2012.

BORLAUG, N. E.; DOSWELL, C. R. (2005) Feeding a world of ten billion people: a 21st century challenge. In: TUBEROSA, R; PHILLIPS, R. L.; GALE, M. (eds.). **Proceedings of the International Congress in the Wake of the Double Helix: from the Green Revolution to the Gene Revolution**. Bologna: Avenue Media, 2005. p. 27-31.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKY, S. S.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.

CARTAXO, W. V.; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, O. R. R. F.; SEVERINO, L. S.; SUASSUNA, N. D.; SOARES, J. J. O cultivo da mamona no semi-árido brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. (Circular Técnica, 77).

CARVALLO GUERRA, H. O. **Física dos solos**. Campina Grande: UFCG, 2000.

CARVALHO JÚNIOR, G. S.; PEREIRA, J. R.; CASTRO, M. A. N.; QUESADO, F. C.; ABDALA, C. S.; LIMA, F. V.; ARAÚJO, W. P. Crescimento e desenvolvimento da mamona BRS Energia em diferentes lâminas de irrigação. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa, 2010.

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

CAVALCANTI, M. L. F.; BARROS JÚNIOR, G; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTI, R. S. Crescimento inicial da mamoneira submetido

à salinidade da água de irrigação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2004.

COELHO, E. F.; SILVA, J. G. F.; ALVES, A. A. C.; CRUZ, J. L. **Irrigação do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura, 2003. (Circular Técnica, 54).

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 05 abr. 2013.

COSTA, M. N.; PEREIRA, W. E.; BRUNO, R. L. A.; FREIRE, E. C.; NÓBREGA, M. B. M.; MILANI, M.; OLIVEIRA, A. P. de. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 41, n.11, p. 1617-1622, 2006.

DASBERG, S.; BRESLER, E. **Drip irrigation manual**. Logan: International Irrigation Center, 1985.

DOBASHI, A. M.; CARVALHO, J. A.; PEREIRA, G. M.; RODRIGUES, L. S. Avaliação do crescimento da boca de leão (*Antirrhinum majus*) submetido a diferentes níveis de deficiência hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de caldas. **Anais...** Poços de caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; MILIANI, M., MORGADO, L. B.; SOARES, J. M. Comportamento de diferentes genótipos de mamoneira irrigados por gotejamento em Juazeiro-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006a.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; MILIANI, M., MORGADO, L. B.; SOARES, J. M. Comportamento de diferentes genótipos de mamoneira irrigados por gotejamento em Petrolina-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006b.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S. P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2657-2668, 2012.

Embrapa Algodão. **BRS Gabriela**. Campina Grande: Embrapa, 2012. (Folder).

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acesso em: 30 set. 2013.

FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 147-159, 2007.

FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5, 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa Algodão, 2005.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. Melhoramento Genético. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (eds.) **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 229-256.

FREIRE, R. M. M.; SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. Ricinoquímica e co-produtos. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2007. p. 451-473.

FREITAS, C. A. S., BEZERRA, F. M. L.; SILVA, A. R. A.; PEREIRA FILHO, J. V.; FEITOSA, D. R. C. Comportamento de cultivares de mamona em níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 10, p. 1059-1066, 2010.

GOMIDE, R. L.; MAGALHÃES, P. C.; WAQUIL, J. M.; FERREIRA, W. P. Avaliação do estresse hídrico em cultivares de milho e sorgo por meio de um gradiente contínuo de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998, Recife. **Anais...** Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária/Embrapa-CNPMS, 1998.

HURTADO, A. L. B.; CICHOTA, R.; VAN LIER, Q. J. Parametrização do método do perfil instantâneo para a determinação da condutividade hidráulica do solo em experimentos com evaporação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 301-307, 2005.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 16 out. 2012.

INGROUILLE, M. **Diversity and evolution of land plants**. London: Chapman & Hall, 1992.

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, n. 1, p. 227-237, 1999.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 184, n. 1, p. 33-41, 2000.

KRAMER, P. J. **Plant and soil water relationships: a modern synthesis**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1969.

KRAMER, P. J., BOYER, J. S. Water relations of plants and soils. San Diego: Academic Press, 1995.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.

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

LAZAR, A. M. D.; SALISBURY, C. D.; WORRALL, W. D. Variation in drought susceptibility among closely related wheat lines. **Field Crops Research**, v. 41, n. 3, p. 147-153, 1995.

LIMA, P. C. R. **O Biodiesel e a Inclusão Social**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2004.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e praticas**. Vicosa: UFV, 2006.

MARÇAL, J. A. **Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) sob irrigação com águas salinas em solo com matéria orgânica**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

MCCREE, K., FERNANDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v. 29, n. 2, p. 353-360. 1989.

MELHORANÇA, A. L.; STAUT, L. A. **Indicações técnicas para a cultura da mamona no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.

MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. M.; ANDRADE, F. P. Andamento e perspectivas do programa de melhoramento de mamona da Embrapa. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. (Documentos 226).

MORAES, C. R. A.; SEVERINO, L. S. Influência da saturação hídrica do solo sobre o desenvolvimento da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; NOBRE, J. G. A.; LIMA, A. D.; ALBURQUERQUE, A. H. P. Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 449-455, 2009.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.551-558, 2009.

NIR, D. Drip irrigation. In: FINKEL, H. J. **Handbook of irrigation technology**. Boca Raton: CRC Press, 1982. p. 247-298.

NOBRE, J. G. A.; **Respostas da mamona à irrigação e à aplicação de potássio em Argissolo Vermelho-Amarelo**. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

NÓBREGA, M. B. M.; ANDRADE, F. P.; SANTOS, J. W.; LEITE, E. J. Germoplasma, In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (edd.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Algodão, 2001. p. 257-281.

NOGUEIRA, C. C. P.; COELHO, E. F.; LEÃO, M. C. S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 315-320, 2000.

NUNES, E. N.; NASCIMENTO, D. A. M.; ALVES, A. G.; SUASSUNA, J. F.; NASCIMENTO, R. Crescimento de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Scientia Plena**, v. 9, n. 10, p. 1-10, 2013.

OLIVEIRA, J. T. L.; CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUEDES FILHO, D. H. Crescimento de cultivares de girassol ornamental influenciado por doses de silício no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 123-128, 2013.

PARENTE, E. J. S.; SANTOS JÚNIOR, J. N.; PEREIRA, J. A. B.; PARENTE JÚNIOR, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003.

PENNISI, E. The blue revolution, drop by drop, gene by gene. **Science**, v. 320, n. 5873, p. 21-39, 2008.

PEREIRA, F. S. G. **Biomassa de oleaginosa como fonte alternativa de energia (*Ricinus communis* L.)**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2007.

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

QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**, nov. 1999. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br>>. Acesso em 20 out. 2012.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. Normais climatológicas do Brasil. Brasília: INMET, 2009.

RAMOS, A.; **Análise do desenvolvimento vegetativo e produtividade da palmeira pupunha (*Bractris gasipaes kunth*) sob lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHEIM, H. M. Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 31, n. 1 p. 28-37, 2003.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; SAVY FILHO, A. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel.

In: Câmara, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. (coords.). **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: ESALQ, 2006. p.81-104.

REGO, J. L.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; GONDIM, R. S. Efeitos de níveis de irrigação sobre a cultura do crisântemo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 2, p.3 02-308, 2004.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; S. JUNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 386-391, 2013.

RENAULT, D., HEMAKUMARA, M., MOLDEN, D. Importance of water consumption by perennial vegetation in irrigated areas of the humid tropics: evidence from Sri Lanka. **Agricultural Water Management**, v. 46, n. 2, p. 215-230, 2001.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Mamoneira irrigada com efluente de esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.

RODRIGUES, R. F. O.; OLIVEIRA, F.; FONSECA, A. M. As folhas de palma Christi - *Ricinus communis* L. *Euphorbiaceae* Jussieu. Revisão de conhecimentos. **Revista Lacta**, Bragança Paulista, v. 20, n. 2, p. 183-194, 2002.

SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. (Circular Técnica, 34).

SCHURR, U.; HECKENBERGER, U.; HERDEL, K.; WATER, A.; FEIL, R. Leaf development in *Ricinus communis* during drought stress: dynamics of growth processes, of cellular structure and of sink-source transition. **Journal of experimental Botany**, v. 51, n. 350, p. 1515-1529, 2000.

SEVERINO, L. S.; LIMA, C. L. D.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. A. Mamoneira submetida a encharcamento do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a.

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; E CARDOSO, G. D. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. **Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 188-194, 2006.

SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D.; VALE, L.S. do; SANTOS, J.W. dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004b.

SEVERINO, L. S.; LIMA, C. L. D.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. A. **Comportamento da mamoneira sob encharcamento do solo**. Campina Grande: Embrapa, 2005. (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 57).

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; incremento de fitomassa e produtividade do amendoim em função de lâmina e intervalos de irrigação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 4, n. 2, p. 111-121, 2000.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 544-552, 2005.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; REIS, R. P.; SANTANA, M. J.; MATTIOLI, W.; viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na Região de Lavras, MG. **Ciência Agrotécnica**, v. 31, n. 1, p. 200-205, 2007.

SIMPSON, G. M. **Water Stress on Plants**. New York: Praeger Publishers, 1981.

SOUZA, A. S. **Manejo cultural da mamoneira: época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares**. 2007. 211 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOUZA, A. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. **Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 4, p. 414-421, 2007.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2006.

SUDENE-ASMIC. Estudo geral de base do vale do Rio Jaguaribe. v. IV. Hidrologia. Brasília: GJVJ, 1967.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamoneira**. Fortaleza: EPACE, 1982.

VIDAL, M. S.; CARVALHO, J. M. F. C.; MENESES, C. H. S. G. **Déficit Hídrico: aspectos morfofisiológicos**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Documentos, 142).

WEISS, E. A. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983.

ZOU, G. H.; LIU, H. Y.; MEI, H. W.; LIU, G. L.; YU, X. Q.; LI, M. S.; WU, J. H.; CHEN, L.; LUO, L. J. Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 49, n. 10, p. 1508-1516, 2007.