



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL

ANDRÉ DA SILVA ROCHA

SUBSTRATOS ORGÂNICOS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE  
MAMONA EM TERESINA-PI

TERESINA – PI

2015

ANDRÉ DA SILVA ROCHA

SUBSTRATOS ORGÂNICOS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE  
MAMONA EM TERESINA-PI

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

TERESINA-PI

2015

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias  
Serviço de Processamento Técnico

**R672s** Rocha, André da Silva

Substratos orgânicos e adubação nitrogenada na produção de  
mamona em Teresina-PI / André da Silva Rocha - 2015.  
81 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal  
do Piauí, Teresina, 2015.

Orientação: Prof. Dr. Antonio Aécio de Carvalho Bezerra

1 . *Ricinus communis* L. 2. Matéria orgânica 3. Esterco 4.  
Oleaginosas I.Título

**CDD 633.85**

SUBSTRATOS ORGÂNICOS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE  
MAMONA EM TERESINA-PI

André da Silva Rocha  
Engenheiro Agrônomo

Aprovado em 31 / 03 / 2015

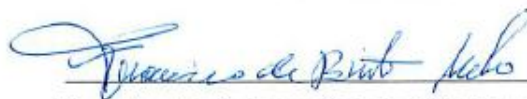
Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra – Presidente  
DPPA/CCA/UFPI



Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho – Membro Interno  
CTT/CCA/UFPI



Pesquisador Dr. Francisco de Brito Melo – Membro Externo  
Embrapa Meio-Norte



Profª. Drª. Simone Raquel Mendes de Oliveira – Membro Externo  
CTT/CCA/UFPI

*Em memória de minha mãe Maria Madalena,  
À minha família.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e por me manter sempre no caminho da retidão e perseverante diante dos meus anseios.

Aos familiares e amigos, pelo incentivo e apoio que todos dispensaram ao longo destes vinte e quatro meses de caminhada;

Ao Professor Antônio Aécio de Carvalho Bezerra, por ter aceitado com muito entusiasmo o convite de orientar na elaboração deste trabalho, desempenhando um papel importantíssimo para realização do mesmo;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela grande contribuição para o meu enriquecimento intelectual e, principalmente, para a formação de um cidadão mais consciente e comprometido com as questões educacionais, sociais e ambientais;

Aos Professores do Colégio Técnico de Teresina – CTT, Francisco Edinaldo Pinto Mousinho e José Bento, pela disponibilização da área experimental, laboratórios e todos os materiais e equipamentos necessários para condução deste trabalho;

Ao Centro Nacional de Pesquisa da Embrapa de Campina Grande-PB e Embrapa Meio-Norte em Teresina-PI, pelo fornecimento das sementes utilizadas no plantio do experimento.

À OLVEQ Industria e comércio de óleos vegetais Ltda, pelo fornecimento da torta de mamona necessária para composição dos tratamentos;

A todos os amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, em especial os amigos Higor Barreira, Paulo Henrique, Raimundo Brito, João Silvestre e Francisco Porto, além dos graduandos em agronomia Valério Borges e Adelfton Pereira, pelo convívio harmonioso e produtivo ao longo desta caminhada e pela imensa ajuda e esforço na implantação e condução do experimento;

À Delma Bacelar, minha segunda mãe, por sempre acreditar no meu potencial e por me incentivar sempre a ir mais longe nos meus objetivos;

E em especial, à minha companheira Sandra Albuquerque, pelo incentivo diante das dificuldades, e por sempre me lembrar das minhas responsabilidades de aluno.

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”*

CHICO XAVIER

# SUBSTRATOS ORGÂNICOS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE MAMONA EM TERESINA-PI

**Autor: André da Silva Rocha**

**Orientador: Antônio Aécio de Carvalho Bezerra**

**RESUMO:** Com o objetivo de avaliar os efeitos da utilização da casca e torta de mamona e do esterco de caprino como substratos orgânicos e adubação nitrogenada na germinação, crescimento e produção de plantas de mamona da Cultivar BRS Gabriela, conduziu-se um experimento em um Argissolo no campo experimental do Colégio Técnico de Teresina - PI no período de março a setembro de 2014. Os tratamentos consistiram de seis substratos orgânicos aplicados em cova, sendo torta de mamona, casca de mamona natural, casca de mamona moída, mistura de casca de mamona natural + torta de mamona, mistura de casca de mamona moída + torta de mamona e esterco caprino, nas proporções de: 1,0, 3,0, 3,0, 3,0+1,0, 3,0+1,0 e 4,0 L, respectivamente, além de uma testemunha relativa, que recebeu apenas adubação nitrogenada de cobertura aos 30 DAE na quantidade de 50,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, e uma testemunha absoluta que não recebeu nenhum tipo de adubação, totalizando oito tratamentos dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições. Além dos adubos orgânicos, todos os tratamentos, com exceção da testemunha absoluta, receberam adubação básica de P e K na quantidade de 90 kg ha<sup>-1</sup> para ambos. A utilização das misturas de casca de mamona, natural ou moída mais torta de mamona, assim como o substrato composto somente por torta de mamona possibilita maior crescimento inicial, vegetativo, reprodutivo e maior produtividade da cultivar BRS Gabriela. O substrato composto por apenas torta de mamona proporciona maior desenvolvimento do racemo primário. A utilização da casca de mamona, natural ou moída, não deve ser utilizada como única fonte de adubação orgânica. Havendo impossibilidade de uso de fontes minerais de N, a torta de mamona, a combinação de casca mais torta de mamona e o esterco caprino devem ser utilizados como alternativa de adubação na mamoneira.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L, matéria orgânica, esterco, oleaginosas.



# ORGANIC SUBSTRATES AND NITROGEN FERTILIZATION IN THE PRODUCTION OF CASTOR OIL IN TERESINA-PI

**Author: André da Silva Rocha**

**Advisor: Antônio Aécio de Carvalho Bezerra**

**ABSTRACT:** In order to evaluate the effects of using the bark and castor bean and goat dung as organic substrates and nitrogen fertilization on germination, growth and yield of castor bean plants of cultivar BRS Gabriela, conducted an experiment on a Argisol in College of experimental field Teresina Technician - PI in the period from March to September 2014. The treatments consisted of six organic substrates applied in the pit, and castor bean, castor natural peel, ground castor bark, natural castor bark mixture + castor bean, castor bark mix ground + castor bean and goat manure in the proportions of: 1,0, 3,0, 3,0, 3,0 + 1,0, 3,0 + 1,0 and 4,0 L, respectively, and a relative control, which received only nitrogen topdressing at 30 DAE in the amount of 50,0 kg ha<sup>-1</sup> of N, and an absolute control that received no fertilizer, totaling eight Treatments arranged in a randomized block design with four replications. In addition to organic fertilizer, all treatments, except for absolute control, they were fertilized P and K in the amount of 90 kg ha<sup>-1</sup> for both. The use of castor bark mixtures, natural or ground more castor bean, as well as the substrate composed entirely of castor bean enables higher initial growth, vegetative, reproductive and higher productivity of BRS Gabriela. The substrate consists of only castor bean provides further development of primary raceme. The use of castor bark, natural or ground, should not be used as the sole source of organic fertilizer. Should it be impossible to use of mineral N sources, the castor bean, the combination of more pie shell castor bean and goat manure should be used as fertilizer in castor alternative.

**Keywords:** *Ricinus communis* L., organic matter, manure, oilseed.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 11. Dados climáticos registrados durante o período de condução do experimento (A); Precipitação pluvial, lâmina irrigada e evapotranspiração de referência (B).....	43
Figura 22. Massa do racemo primário (A); massa de um dos racemos de nível terciário (B); número médio de frutos do racemo primário (C) e número médio de frutos de um dos racemos de nível terciário (D).....	57
Figura 23. Massa dos frutos do racemo primário (A); massa dos frutos de um dos racemos terciário (B); massa das bagas do racemo primário (C) e massa das bagas de um dos racemos terciário (D).....	60
Figura 24. Produtividade das bagas em função da adubação orgânica e nitrogenada.....	62

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 01. Área plantada, produtividade e produção de mamona nos principais Estados produtores e Regiões do Brasil.....	23
Tabela 02. Comparativo de área, produtividade e produção de mamona nos principais Estados produtores e Regiões do Brasil.....	24
Tabela 03. Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da casca e da torta de mamona.....	35
Tabela 04. Características físicas do solo da área experimental.....	38
Tabela 05. Características químicas do solo da área experimental.....	38
Tabela 06. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.....	39
Tabela 07. Quantidade de adubo orgânico aplicado por cova de acordo com cada tratamento.....	40
Tabela 08. Características agrônômicas e tecnológicas da Cultivar BRS Gabriela.....	42
Tabela 09. Resumo das análises de variância para os dados de dias para emergência (DPE), comprimento (CC) e diâmetro do caule (DC) aos 20 e aos 45 DAE.....	48
Tabela 10. Médias de dias para emergência (DPE), comprimento (CC) e diâmetro de caule (DC) aos 20 e aos 45 DAE.....	49
Tabela 11. Resumo das análises de variância para o número de dias para emissão do racemo primário (DER1), dias para maturação do racemo primário (DMR1), número de racemos por planta (NRP) e massa dos racemos (MR).....	51
Tabela 12. Médias de dias para emissão (DER1) e maturação do racemo primário (DMR1), número de racemos por planta (NRP) e massa dos racemos (MR).....	52
Tabela 13. Resumo das análises de variância para o número de nós no ramo principal (NNRP), comprimento de internódios (CI), altura de planta (ALP) e altura da inserção do racemo primário (AIR1).....	54
Tabela 14. Médias de número de nós no ramo principal (NNRP), comprimento de internódios (CI), altura de planta (ALP) e altura da inserção do racemo primário (AIR1).....	54

Tabela 15.	Resumo das análises de variância para massa do racemo primário (MR1) e um dos racemos terciário (MR3), número de frutos do racemo primário (NFR1) e de um dos racemos terciário (NFR3).....	56
Tabela 16.	Resumo das análises de variância para massa dos frutos do racemo primário (MFR1) e um dos racemos terciário (MFR3), massa das bagas do racemo primário (MBR1) e um dos racemos terciário (MBR3).....	59
Tabela 17.	Resumo das análises de variância para medidas de comprimento (C), largura (L), espessura (E), massa de 100 sementes (M100S) e produtividade (Prod.) Kg ha <sup>-1</sup> .....	61
Tabela 18.	Médias de comprimento (C), largura (L), espessura (E) das bagas e massa de 100 sementes (M100S).....	62

## **LISTA DE SIGLAS**

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CCA	Centro de Ciência Agrárias
CNPE	Conselho Nacional de Políticas Energéticas
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTRN	Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
CTT	Colégio Técnico de Teresina
DEAG	Departamento de Engenharia Agrícola
FAO	Food and Agriculture Organization
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LASO	Laboratório de Solo
OLVEQ	Óleo Vegetal de Quixadá
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPI	Universidade Federal do Piauí

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE SIGLAS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Origem da mamona.....	17
2.2 Descrição botânica, morfológica e fisiológica.....	17
2.3 Condições edafoclimáticas para o cultivo.....	20
2.4 Mercado mundial e nacional.....	21
2.5 Importância socioeconômica.....	24
2.6 Uso industrial.....	26
2.6.1 Indústria química.....	27
2.6.2 Biodiesel.....	29
2.7 Adubação orgânica.....	29
2.8 Torta e casca de mamona na adubação orgânica da mamoneira.....	33
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	38
3.1.1 Análises físicas e químicas do solo.....	38
3.2 Preparo do solo.....	39
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	39
3.4 Adubação e semeadura.....	41
3.4.1 Adubação.....	41
3.4.2 Semeadura.....	41
3.5 Condução e tratos culturais.....	42
3.6 Colheita e beneficiamento.....	44
3.7 Características avaliadas.....	44
3.7.1 Dias para emergência (DPE).....	44
3.7.2 Comprimento do caule (CC).....	45
3.7.3 Diâmetro do caule (DC).....	45
3.7.4 Dias para emissão do racemo primário (DER1).....	45
3.7.5 Dias para maturação do racemo primário (DMR1).....	45
3.7.6 Número de nós no ramo principal (NNRP).....	45
3.7.7 Comprimento dos internódios (CI).....	45
3.7.8 Altura da inserção do racemo primário (AIR1).....	45
3.7.9 Altura de planta (ALP).....	45
3.7.10 Número de racemos por planta (NRP).....	46
3.7.11 Massa dos racemos (MR).....	46
3.7.12 Massa do racemo primário (MR1) e um dos racemos terciário (MR3)...	46
3.7.13 Número de frutos do racemo primário (NFR1) e um dos racemos terciário (NFR3).....	46

3.7.14	Massa dos frutos do racemo primário (MFR1) e um dos racemos terciário (MFR3).....	46
3.7.15	Massa das bagas do racemo primário (MBR1) e um dos racemos terciário (MBR3).....	46
3.7.16	Comprimento (C), largura (L) e espessura (E) de bagas.....	47
3.7.17	Massa de 100 sementes (M100S).....	47
3.7.18	Produtividade de bagas (Prod.).....	47
3.8	Análise estatística.....	47
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1	Dias para emergência (DPE).....	48
4.2	Comprimento (CC) e diâmetro do caule (DC) aos 20 e 45 DAE.....	48
4.3	Dias para emissão do racemo primário (DER1), dias para maturação do racemo primário (DMR1), número de racemos por planta (NRP) e massa dos racemos (MR).....	51
4.4	Número de nós no ramo principal (NNRP), comprimento de internódios (CI), altura de planta (ALP) e de inserção do racemo primário (AIR1).....	53
4.5	Massa do racemo primário (MR1) e um dos racemos terciário (MR3), número de frutos do racemo primário (NFR1) e um dos racemos terciário (NFR3).....	55
4.6	Massa dos frutos do racemo primário (MFR1) e um dos racemos terciário (MFR3), massa das bagas do racemo primário (MBR1) e de um dos racemos terciário (MBR3).....	58
4.7	Comprimento (C), largura (L), espessura (E) das bagas, massa de 100 sementes (M100S) e produtividade de bagas (Prod.).....	61
5.	CONCLUSÕES.....	63
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
	APENDICES.....	72

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de mamona, sendo a região Nordeste a principal produtora nacional, responsável por 97% do total da produção, com destaque para os estados da Bahia, como maior produtor, com 38,0 mil toneladas e do Ceará como segundo maior produtor com cerca de 3,0 mil toneladas na safra 13/14 (CONAB 2014).

O principal produto da mamona é o óleo de rícino, que é uma importante matéria prima para a indústria química, com utilização na composição de mais de 400 produtos como: tintas, vernizes, cosméticos, fluidos hidráulicos, plásticos. Nos últimos 15 anos, o óleo de rícino começou a ser utilizado como matéria prima para obtenção de combustível renovável, entretanto devido ao baixo rendimento e poucos investimentos em pesquisa, a cultura permaneceu à margem do desenvolvimento agrícola destas regiões.

Desde 2004, com a implantação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB, o Brasil vem aumentando a área cultivada com mamona consorciada. Esse aumento vem ocorrendo principalmente pela melhoria no preço de mercado e pela garantia de compra da produção pelas empresas produtoras de biodiesel e pelas indústrias ricinoquímicas. Porém, na maioria dos estados da Federação, a cultura ainda apresenta um baixo rendimento, média de 609 kg ha<sup>-1</sup> na última safra (CONAB, 2014), provocado sobretudo, pelas fortes secas e a ausência de adoção de tecnologias que proporcionem um aumento na produtividade e, conseqüentemente, elevação na renda dos agricultores.

No Nordeste brasileiro, principalmente na região semiárida, os fatores limitantes para o sucesso da atividade são as condições do solo e o suprimento hídrico, uma vez que o cultivo ocorre em regiões em que os solos apresentam baixos teores de matéria orgânica e índices pluviométricos que não chegam a 500 mm por ano, necessitando de práticas edáficas que possibilite o enriquecimento destes solos com matéria orgânica, nutrientes e, conseqüentemente, proporcionarem uma maior retenção de água no solo. Porém, na grande maioria dos casos esta é uma prática ainda pouco adotada pelos agricultores familiares.

A adubação orgânica é uma prática agrícola muito importante para a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo, atuando no fornecimento de nutrientes às culturas e na retenção de cátions. Além disso, outras vantagens podem ser destacadas como por exemplo, melhor retenção de água, aeração e redução da compactação do solo.

A prática tem mostrado que o cultivo da mamona em solo com bom nível de matéria orgânica apresenta maior desenvolvimento inicial das plantas, justamente no período mais crítico para o pleno estabelecimento da cultura no campo, pois solos que apresentam teor de matéria orgânica elevado proporcionam maior taxa de crescimento das culturas



refletindo em incremento na produção final. Porém, vale ressaltar que é de grande importância avaliar a os efeitos da incorporação ao solo dos diferentes materiais orgânicos que estão à disposição dos agricultores para incorporação ao solo como fonte de matéria orgânica, além dos materiais já utilizados, como por exemplo, o esterco bovino e caprino.

No beneficiamento dos frutos da mamoneira os dois principais resíduos desta industrialização são a casca, proveniente da operação de descascamento da baga e a torta, que é resultante do processo de extração do óleo, e que são pouco utilizadas, como fonte de adubação orgânica, principalmente nas áreas cultivadas com mamona no país. Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da utilização da casca e torta de mamona, do esterco caprino em comparação à adubação nitrogenada no desenvolvimento e produção da cultura de mamona BRS Gabriela em Teresina-PI.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Origem da mamona

A mamoneira (*Ricinus communis*), também conhecida no Brasil como rícino, carrapateira, bafueira e palma-criste, é uma planta da família das euphorbiaceas, com provável origem no Continente Asiático e trazida para o Brasil pelos escravos africanos durante a colonização portuguesa. Tem seu centro de diversidade na antiga Abissínia, hoje conhecida como Etiópia, e no leste da África, além de outros centros de diversidade, existindo relatos de seu uso no Egito, no ano de 4000 a.C (MOSHKIN, 1986; MOREIRA et al., 1996).

No Brasil, devido ao clima tropical favorável, a mamoneira se adaptou bem às condições climáticas e hoje pode ser encontrada em quase toda extensão territorial do país, principalmente na região semiárida, apresentando grande capacidade de produção (MACARENCO; KUWAHARA, 2007).

### 2.2 Descrição botânica, morfológica e fisiológica

De acordo com Beltrão et al. (2001), a mamoneira é classificada da seguinte maneira: Subdivisão Fanerogamae ou Spermatophita, Filo Angiospermae, Classe Dicotyledoneae, Subclasse Archichlamydeae, Ordem Geraniales, Família Euphorbiaceae, Gênero *Ricinus*, Espécie *R. communis*, Subespécie *R. communis communis*.

Para a grande maioria dos autores esta é a única espécie do gênero *Ricinus*, considerado monotípico, sendo reconhecidas as subespécies *R. sinensis*, *R. zanzibarensis*, *R. persicus* e *R. africanus*, as quais englobam 25 variedades botânicas, todas compatíveis entre si (SAVY FILHO, 1999). Os termos *Ricinus* e *communis* têm origem do latim e significam carrapato e comum, respectivamente. Denominação que foi dada pelos latinos pelo fato das suas sementes guardarem uma grande semelhança com a forma animal, pertencente ao grupo dos ácaros, *Ixodes ricinus* e *Dermacentor occidentalis* (RODRIGUES; OLIVEIRA; FONSECA, 2002).

As plantas da espécie apresentam grande variabilidade em diversas características, como hábito de crescimento, cor das folhas e do caule, tamanho, cor e teor de óleo das sementes e etc. Pode-se, portanto, encontrar tipos botânicos com porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semiperene, com folhas e caules verdes, vermelho ou rosa, com a presença ou não de cera no caule, com frutos inermes ou com espinhos, deiscentes ou indeiscentes, com sementes de diversos tamanhos e colorações e diferentes teores de óleo (SAVY FILHO, 1999).

A mamoneira possui sistema radicular fistuloso, constituído de uma raiz principal pivotante, cujo desenvolvimento varia de acordo com o porte da cultivar. As raízes secundárias apresentam-se bem desenvolvidas, porém na planta de menor porte elas são mais ramificadas, penetrando profundamente no solo (MOREIRA et al., 1996). Há intensa emissões de radículas ao longo das raízes, com grande área de absorção de umidade e nutrientes do solo (SAVY FILHO, 1999).

De acordo com Savy Filho (1999), o intenso crescimento das raízes demonstra que a planta busca fortalecer primeiro o seu sistema de fixação e de absorção para que possa suportar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Isso acontece em menor grau nas áreas onde a precipitação atinge níveis razoáveis. Quando não há impedimento para a penetração vertical, o sistema radicular pode atingir profundidade entre 1,5 e 3,0 m.

O caule da mamoneira apresenta variação na cor, presença de cera, rugosidade e nós bem definidos, com cicatrizes foliares proeminentes (MILANI; MIGUEL JÚNIOR; SOUSA, 2009). Assim como as raízes, o caule apresenta-se fistuloso e, quando a planta é jovem o caule é brilhante, tenro e suculento e na medida em que a planta vai envelhecendo torna-se lenhoso (BELTRÃO et al., 2001; MILANI; MIGUEL JÚNIOR; SOUSA, 2009). É geniculado, espesso e ramificado, terminando com a inflorescência, tipo racemo. A haste principal cresce verticalmente sem nenhuma ramificação até o aparecimento da primeira inflorescência, denominada cacho principal. Os ramos laterais se desenvolvem da axila da última folha, logo abaixo da inflorescência (MILANI; MIGUEL JÚNIOR; SOUSA, 2009), sempre com um intervalo definido entre a emissão da primeira e das subsequentes (SAVY FILHO, 1999).

As folhas são simples, com largura do limbo variando de 10 a 40 cm, podendo chegar a 60 cm no comprimento maior. São do tipo dígito lobadas, denticuladas e pecíolos longos, com 20 a 50 cm de comprimento, apresentando filotaxia alternada do tipo 2/5 (duas folhas em cada cinco voltas de 360° no eixo do caule). As principais variações encontradas são na cor, a cerosidade, no número de glândulas e na profundidade dos lóbulos (MILANI; MIGUEL JÚNIOR; SOUSA, 2009).

Sua reprodução é considerada do tipo mista, ocorrendo tanto a autofecundação como o cruzamento natural, com taxas de alogamia que variam de acordo com o seu porte. Sendo a planta de porte anão ou médio, a taxa de fecundação cruzada é de aproximadamente 25%. Se a planta for de porte alto, esta taxa pode atingir aproximadamente 40%. A planta emite inflorescências no ápice da haste principal e nos ramos laterais, progressivamente. A inflorescência da mamona é composta de uma ráquis, em que são distribuídas cimas

dicásicas, sendo as da parte superior femininas e as inferiores masculinas (SAVY FILHO, 1999).

O florescimento da mamoneira é simpodial, ou seja, o aparecimento das inflorescências dá-se sequencialmente, com determinado intervalo entre as inflorescências primária e secundária, secundária e terciária, e assim por diante, de acordo com o padrão de desenvolvimento da ramificação da planta. As flores femininas atingem a maturação cerca de 5 a 10 dias antes da maturação das masculinas. O pólen é expelido através do vento, ou seja, predominantemente anemófila, com a violenta explosão das anteras e, desta forma, é arremessado e arrastado pelas correntes aéreas para as flores femininas (SAVY FILHO, 1999).

O fruto desta planta é uma cápsula tricoca, podendo apresentar tipos diferentes quanto ao aspecto externo, isto é, muito papiloso, pouco papiloso, inerte liso e inerte rugoso. Quanto à deiscência, as plantas se classificam em: indeiscentes, semi-deiscentes e deiscentes (WEISS, 1983; MILANI; MIGUEL JÚNIOR; SOUSA, 2009), e ao abrir-se libera três sementes. Nos tipos indeiscentes, essa abertura não é natural, devendo-se processá-la mecanicamente, ao passo que nos tipos deiscentes a abertura ocorre com a secagem e maturação do fruto, expulsando naturalmente as sementes (SAVY FILHO, 1999).

A semente tem forma variável, podendo ser arredondada ou elipsoide, com superfície dorsal arqueada e carúncula proeminente. Sua coloração é bastante variável apresentando cores branca, cinza, preta, marrom, castanho, vermelho, rajada de diversas cores ou com mosqueamento característicos. É constituída por tegumento, carúncula, embrião e endosperma, onde está presente o óleo (MOREIRA et al., 1996).

Quanto à massa de mil sementes, esta depende diretamente de fatores como: cultivar, tamanho da semente e do manejo cultural adotado (SOUZA, 2007). Ela pode ser classificada em baixa, média e alta, quando os valores forem inferiores a 400 g; entre 400 g e 500 g e superior a 500 g, respectivamente (AMARAL, 2003; SOUZA, 2007).

A germinação de suas sementes é epígea, e pode ser influenciada diretamente por fatores como temperatura, características físicas do solo, umidade, profundidade de plantio e disponibilidade de oxigênio. Baixas temperaturas ou falta de oxigênio, tornam a germinação mais lenta, podendo levar até 18 dias para emergência das plântulas (BELTRÃO et al., 2001).

Quanto à sua fisiologia, trata-se de uma planta de metabolismo fotossintético C<sub>3</sub>, com elevada taxa de fotorrespiração, sendo considerada uma espécie vegetal ineficiente e

pouco competitiva, mesmo sendo uma planta heliófila e apresentar uma reação fotoperiódica acima de 12 horas/dia (BELTRÃO et al., 2003).

### **2.3 Condições edafoclimáticas para o cultivo**

A mamona pode ser cultivada em quase todos os tipos de solo, porém, para produção de forma econômica, sua preferência são solos de média a alta fertilidade natural, com pH entre 6,0 e 7,0 com no máximo 12% de declividade, boa drenagem e pouca salinidade (BELTRÃO, 2003). Apesar de existirem cultivos em altitudes que variam desde o nível do mar a 2.300 m, é recomendado o cultivo em regiões com altitude variando de 300 m a 1500 m (NETO; ARAÚJO; BELTRÃO, 2001), precipitação pluviométrica variando entre 500 mm a 1000 mm por ano, temperatura média do ar variando entre 20 e 30 graus e umidade relativa do ar abaixo de 80%, tendo como faixa ideal em torno de 60% (MELO; ASSUNÇÃO, 2005).

Necessita de chuvas regulares durante a fase vegetativa e períodos secos na maturação dos frutos. Sua maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa, produzindo com viabilidade econômica, em áreas onde a precipitação mínima, até o início da floração esteja entre 400 e 500 mm (NETO; ARAÚJO; BELTRÃO, 2001).

Trata-se de uma planta xerófila e heliófila, explorada comercialmente entre as latitudes 40°N e 40°S (MAZZANI, 1983; MELO; BELTRÃO; SILVA, 2003). Possui boa capacidade de adaptação e é encontrada no Brasil vegetando desde o Rio Grande do Sul até a Amazônia. Por se tratar de uma planta tolerante à seca e exigente em calor e luminosidade, está disseminada por quase todo o Nordeste, cujas condições climáticas são adequadas ao seu desenvolvimento (NETO; ARAÚJO; BELTRÃO, 2001).

Um dos fatores limitantes da produção da mamona é a altitude, pois pode influenciar consideravelmente a fisiologia da planta, principalmente sobre os parâmetros de temperatura, que tende a decrescer à medida que a altitude aumenta. Assim como, não menos importante, a umidade também requer atenção especial. A mamona tem o seu ótimo em termos de umidade relativa do ar em torno de 60%, o que em geral não ocorre em baixas altitudes (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008).

Severino; Vale; Moraes (2007), observando o efeito da variação de altitudes no crescimento e desenvolvimento de quatro genótipos de mamoneiras, concluíram que os genótipos de mamona se comportam de forma diferente de acordo com as variações de altitudes. Quando o cultivo é realizado em baixas altitudes, devido à temperatura mais alta, a planta tende a perder energia pela respiração noturna e sofrer redução na produtividade

(BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008). Porém, trabalhos de melhoramento da mamona realizados pela Embrapa apresentaram recentemente material que pode ser cultivado em regiões de baixa altitude, como é caso da Cultivar BRS Gabriela.

Altas temperaturas noturnas levam a planta a apresentar um intenso metabolismo respiratório durante a noite, o que leva ao consumo excessivo das reservas acumuladas durante o dia através do processo fotossintético. Com isso, é sempre aconselhável que as plantas de mamona sejam submetidas a temperaturas mais elevadas durante o dia, favorecendo a fotossíntese e, no período noturno a temperaturas mais baixas, reduzindo a respiração (SEVERINO et al., 2006).

De acordo com Savy Filho (1999), a expressão do sexo também é afetada por fatores ambientais em que vegeta a planta. Deficiência hídrica e temperatura muito alta induzem à formação de maior proporção de flores masculinas. Solo fértil ou bem balanceado quimicamente proporciona às plantas condições para que haja alteração na relação flores femininas/masculina, com aumento da porcentagem de flores femininas.

Beltrão e Silva (1999), afirmam que temperaturas muito elevadas, superiores a 40°C, provocam o aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução substancial do teor de óleo nas sementes. Já as baixas temperaturas retardam a germinação, prolongando a permanência das sementes no solo, favorecendo o ataque de microorganismos e insetos.

Experiências têm demonstrado que o teor de óleo das sementes é proporcional à soma do calor recebido pela planta em todo o seu ciclo vegetativo. Embora se adapte com facilidade às regiões subtropicais, se não houver bastante calor, a planta reduz a qualidade do óleo e a produtividade de sementes (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986; NETO; ARAÚJO e BELTRÃO, 2001).

#### **2.4 Mercado mundial e nacional**

No período que compreende os anos de 1980 a 1999, a Índia e a China apresentavam-se como maiores produtores mundiais de mamona em baga, exatamente nesta mesma ordem, além de serem os detentores das maiores áreas cultivadas. A soma das áreas plantadas pelos dois países no período de 1980 a 1985 chegou a atingir 50% da área total cultivada mundialmente, apresentando constante crescimento, passando a atingir no ano de 1998, 82% da área plantada no mundo. A produção desses dois países passou de 51% da produção mundial para 92% no ano de 1999 (SANTOS et al., 2001).

Até o fim da década de 70, o Brasil ocupou o posto de maior produtor mundial de mamona. Durante os anos seguintes, devido a consequências de fatores ligados principalmente a produção agrícola e comercialização, a cultura da mamona sofreu grande declínio e redução da área produzida no país (PINOTTI; AMARAL, 2013).

Em termos de área cultivada, nos períodos de 1980/1985 e 1986/1991, o Brasil detinha a segunda maior área cultivada no mundo, correspondendo a uma participação de 26% da área mundial. Até o ano de 1999, a área cultivada brasileira sofreu vários declínios, chegando ao patamar de 8% da área mundial, ficando na terceira posição entre os principais países produtores (SANTOS et al., 2001).

Esta redução é atribuída a dois importantes fatores: competitividade econômica da cultura perante as culturas concorrentes, como a cultura de grãos, principalmente no Sul e Sudeste do país; deficiência tecnológica e organizacional, principalmente na Região Nordeste, onde na havia disseminação e adoção de tecnologias; os sistemas de produção desorganizados; preços pagos ao produtor eram baixos e a oferta de créditos e de assistência técnica aos produtores era reduzida.

Uma confirmação da deficiência tecnológica é reforçada por Pinotti; Amaral (2013), quando diz que no início da década de 70, a produtividade das lavouras de mamona indiana girava em torno de 300 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no Brasil se produzia mais que o dobro disso. Hoje, passados mais de trinta anos, a principal região produtora daquele país, consegue produtividades médias próximas a 2.000 kg/ha, enquanto no Brasil elas permaneceram estacionadas nos mesmos patamares.

De acordo com o panorama internacional apresentado pela Conab (2014), a Índia permanece como maior produtor mundial, com mais de 1.600.000 toneladas de mamona em baga em 2012, seguida pela China, com 170 mil toneladas, Moçambique, com 62 mil toneladas e Brasil, com 25 mil toneladas, após sofrer mais um ano de seca.

No Brasil a produção comercial de mamona teve início nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste, se expandindo posteriormente para as demais regiões. Dentre os estados brasileiros o que mais se destacava e se mantém até hoje é o estado da Bahia, responsável por 85% da produção nacional de mamona em baga nas décadas de 80 até o final dos anos 90, seguido pelos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Ceará e Piauí.

O estado da Bahia ainda detém a posição de maior produtor de mamona do Brasil, seguidos pelos estados do Ceará e Minas Gerais com segundo e terceiro lugar respectivamente. Porém, de acordo com levantamento da Conab (2013), apresentado na Tabela 1, percebe-se uma drástica redução, tanto de área plantada, de 219 mil para 87,4 mil

hectares entre os anos de 2010 e 2013, quanto na produção, de 141,3 mil para 15,8 mil toneladas no mesmo período no país. A causa provável está na sequência de anos de seca ocorrida principalmente na Região Nordeste, onde está concentrada a maior parte da produção nacional.

Por outro lado, no ano safra 2013/2014, percebe-se uma expressiva elevação da produção (Tabela 2). O estado da Bahia, por exemplo, obteve aumento na sua produção colhida passando de 11,5 mil toneladas em uma área de 69,2 mil hectares na safra 2012/2013 para 38,3 mil toneladas em uma área de 81,8 mil hectares na safra 2013/2014, representando uma variação de 233,0% na produção colhida e 18,2% na área plantada (CONAB, 2014). Esta elevação da produção no período 2013/2014 se deu, provavelmente em virtude do aumento dos índices pluviométricos, do incremento de área plantada.

**Tabela 1.** Área plantada, produtividade e produção de mamona nos principais Estados produtores e Regiões do Brasil

REGIÃO/UF	Área plantada (em mil hectare)			Produtividade (em kg ha <sup>-1</sup> )			Produção (em mil t)		
	10/11	11/12	12/13	10/11	11/12	12/13	10/11	11/12	12/13
<b>NORDESTE</b>	<b>209,4</b>	<b>123,9</b>	<b>84,4</b>	<b>621</b>	<b>172</b>	<b>163</b>	<b>129,9</b>	<b>21,4</b>	<b>13,8</b>
PI	4,6	0,8	1,0	350	96	75	1,6	0,1	0,1
CE	56,4	33,8	12,8	467	79	140	26,3	2,7	1,8
RN	0,3	0,1	-	757	571	-	0,2	0,1	-
PE	7,3	2,7	1,4	386	231	267	2,8	0,6	0,4
BA	140,8	86,5	69,2	703	207	166	99	17,9	11,5
<b>SUDESTE</b>	<b>7,9</b>	<b>3,3</b>	<b>2,1</b>	<b>983</b>	<b>862</b>	<b>694</b>	<b>7,8</b>	<b>2,9</b>	<b>1,5</b>
MG	7,2	2,8	2	889	738	630	6,4	2,1	1,3
SP	0,7	0,5	0,1	1.950	1.554	1.960	1,4	0,8	0,2
<b>SUL</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1.798</b>	<b>620</b>	<b>600</b>	<b>3,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>
PR	2	1	0,9	1.796	620	600	3,6	0,6	0,5
<b>NORTE/NORDESTE</b>	<b>204,9</b>	<b>123,9</b>	<b>84,4</b>	<b>621</b>	<b>172</b>	<b>163</b>	<b>129,9</b>	<b>21,4</b>	<b>13,8</b>
<b>CENTRO-SUL</b>	<b>9,9</b>	<b>4,3</b>	<b>3,0</b>	<b>1.148</b>	<b>805</b>	<b>666</b>	<b>11,4</b>	<b>3,5</b>	<b>2,0</b>
<b>BRASIL</b>	<b>219,3</b>	<b>128,2</b>	<b>87,4</b>	<b>644</b>	<b>175</b>	<b>180</b>	<b>141,3</b>	<b>24,9</b>	<b>15,8</b>

Fonte: 12º Levantamento da safra de grãos / Conab (2013).



**Tabela 2.** Comparativo de área, produtividade e produção de mamona nos principais Estados e Regiões do Brasil

REGIÃO/UF	Área (em mil hectare)			Produtividade (em kg ha <sup>-1</sup> )			Produção (em mil t)		
	Safr		Var.	Safr		Var.	Safr		Var.
	12/13	13/14	%	12/13	13/14	%	12/13	13/14	%
<b>NORDESTE</b>	<b>84,4</b>	<b>98,6</b>	<b>16,8</b>	<b>163</b>	<b>439</b>	<b>170,1</b>	<b>13,8</b>	<b>43,3</b>	<b>213,8</b>
PI	1,0	0,7	30,0	75	300	300,0	0,1	0,2	100,0
CE	12,8	11,2	12,5	140	284	102,9	1,8	3,2	77,8
PE	1,4	4,9	249,5	267	334	25,1	0,4	1,6	300,0
BA	69,2	81,8	18,2	166	468	181,9	11,5	38,3	233,0
<b>SUDESTE</b>	<b>2,1</b>	<b>2,5</b>	<b>19,0</b>	<b>694</b>	<b>432</b>	<b>37,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,1</b>	<b>26,7</b>
MG	2,0	2,4	20,0	630	450	28,6	1,3	1,1	15,4
SP	0,1	0,1	-	1.980	1	99,9	0,2	-	100,0
<b>SUL</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>77,8</b>	<b>600</b>	<b>622</b>	<b>3,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>80,0</b>
PR	0,9	0,2	78,0	600	622	3,7	0,5	0,1	80,0
<b>NORTE/NORDESTE</b>	<b>84,4</b>	<b>98,6</b>	<b>16,8</b>	<b>163</b>	<b>439</b>	<b>170,1</b>	<b>13,8</b>	<b>43,3</b>	<b>213,8</b>
<b>CENTRO-SUL</b>	<b>3,0</b>	<b>2,7</b>	<b>10,0</b>	<b>666</b>	<b>446</b>	<b>33,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,2</b>	<b>40,0</b>
<b>BRASIL</b>	<b>87,4</b>	<b>101,3</b>	<b>15,9</b>	<b>180</b>	<b>439</b>	<b>144,2</b>	<b>15,8</b>	<b>44,5</b>	<b>181,6</b>

Fonte: Conab (2014). Nota: Estimativa de setembro de 2014.

## 2.5 Importância socioeconômica

Desde os tempos antigos, o óleo de mamona tinha fundamental importância na vida das pessoas, desde sua utilização para geração de luz em candeieiros e tochas que iluminavam pequenas cidades e vilas, até sua utilização para fins medicinais, por suas características purgativas, laxantes, além de outras propriedades (SANTOS et al., 2001).

Chierice e Neto (2001) relatam que a primeira referência de que se tem notícia sobre a utilização do óleo de mamona foi relatada no livro de Jonas, onde ele se referiu a kikajon ou kiki em egípcio. Na antiga Grécia alguns filósofos mencionaram em seus escritos o emprego do óleo de mamona no Egito para iluminação e na produção de unguentos. No Brasil, a mamona trazida pelos portugueses também teve finalidade para iluminação e também na lubrificação de eixos de carroças.

A mamona se constitui num considerável potencial para a economia brasileira, tanto como cultura alternativa de reconhecida resistência à seca, como fator fixador de mão de obra, gerador de emprego e matéria-prima para a indústria nacional. Tido como um dos mais versáteis da natureza, o óleo de mamona, em termos de utilidade se compara ao petróleo, porém, com a vantagem de ser um produto renovável e barato (AZEVEDO; LIMA, 2001).

Do seu principal componente, o ácido graxo ricinoléico, são fabricados pela indústria química, mais de quatrocentos subprodutos derivados desse óleo. Dentre eles destaca-se a fabricação de tintas, vernizes, cosméticos e sabões, incluindo também medicamentos, combustível e lentes de contato. É também importante na produção de plásticos e de fibras sintéticas, devendo-se mencionar que as fibras em cujas composições entra o óleo de mamona são antitóxicas e antialérgicas (SANTOS et al., 2001).

Destaca-se também o seu uso para fabricação de lubrificantes, por suportar altas temperaturas sem perder a viscosidade, assim como temperaturas mais baixas sem que se solidifique, sendo um importante lubrificante para motores de alta rotação. Por suas características, também tem destaque na fabricação de aditivos para tanques de combustível de aeronaves, filtros hospitalares, cosméticos, próteses ósseas, substituindo o silicone nas cirurgias ósseas, de mama, próstata e uma infinidade de outros produtos.

Outros processos industriais como fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, colas e aderentes, base para fungicidas e inseticidas, nylon e matéria plástica. Suas folhas servem de alimento para o bicho-da-seda e, misturadas à forragem, aumenta a secreção láctea das vacas. Sua haste também é um importante componente para indústria de celulose na fabricação de papel, bem como para fabricação de tecidos grosseiros (SANTOS et al., 2001).

Da obtenção do óleo é gerado um subproduto também de elevada importância econômica. A torta de mamona vem ganhando elevado destaque na agricultura, principalmente por sua capacidade de restaurar terras esgotadas e também por apresentar-se como um ótimo nematicida. Esse destaque se deu principalmente pelo seu emprego desde muitos anos atrás nos campos de fumo na Bahia, em seguida difundido seu uso para todo país.

Uma das limitações da torta é a alta toxicidade, e muitos pesquisadores têm voltado suas atenções para formas de destoxicação da torta, com um intuito de torná-la um importante ingrediente na dieta dos animais. Porém, segundo Santos et al. (2001), As usinas de óleo preferem vender a torta apenas como fertilizante devido ao processo de destoxicação ser bastante complexo e, muitas vezes, caro.

Sem sombra de dúvidas, a mamona tem o seu destaque na agricultura e na economia brasileira e no mundo, além do seu grande apelo social, pois, via de regra, a maioria dos produtores de mamona são agricultores familiares, que a cultivam como forma de complementação de sua renda. Entre as décadas de 80 a 90 o Brasil ocupou lugar de destaque na produção mundial de mamona, chegando a ocupar o segundo lugar em área

plantada. Após esse período, houve uma drástica redução da área plantada e da produção nacional. Segundo Santos et al. (2001), essa redução se deu principalmente devido ao crescimento negativo da renda bruta percebida pelos produtores rurais.

Principalmente por ser cultivada basicamente por agricultores familiares, e pela enorme dispersão da produção, a maior parte dos valores que eram desembolsados pelas indústrias para aquisição de matéria prima acabava ficando na mão de intermediários, que se aproveitavam da desorganização dos agricultores e pela falta de entidades que fizesse o apoio ou a ponte entre produtor e indústria, provocando o fracasso de muitas iniciativas de se cultivar mamona no Brasil.

Com o advento do biodiesel, essa realidade começou a mudar. O governo brasileiro instituiu apoiado por um contexto social e ambiental, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB, tendo como principal objetivo a implantação de uma matriz energética limpa, atrelada à geração de uma renda complementar para a agricultura familiar, através da produção de mamona em pequenas propriedades, e que mais tarde uma gama de outras oleaginosas foi incluída nesse programa, hoje abastecido pelo óleo da soja, seguido por dendê, mamona, algodão, girassol, canola, sebo bovino, além de óleo residual de fritura.

Com isso, o mercado da mamona passou a ter uma nova fase com o PNPB, o agricultor passou a ter o incentivo das usinas de produção de biodiesel com fornecimento de insumos e assistência técnica especializada, além da garantia de compra a preço justo através de contrato firmado entre a empresa compradora e o agricultor ou entidades a qual o representante (associações ou cooperativas).

Nesse contexto a indústria da ricinoquímica também acaba se beneficiando do PNPB, uma vez que, grande parte da mamona que é adquirida pelas usinas e que não é transformada em biodiesel, é esmagada e vendida como óleo a essas indústrias, como matéria prima para alimentar o mercado nos mais diversos produtos que são fabricados a base do óleo de mamona.

## **2.6 Uso industrial**

De acordo com Melo; Assunção (2005), do fruto da mamoneira se extrai um óleo de excelentes propriedades e largo uso como insumo industrial. Da sua industrialização obtém-se, como produto principal, o óleo e, como subproduto, a torta da mamona, que possui a capacidade de recuperar áreas com fertilidade degradada e utilizada também para o controle de nematoides do solo.

A agroindústria da mamona envolve uma cadeia produtiva que se inicia na produção da matéria-prima e no seu processamento, transformando-a em óleo e torta. Após a obtenção do óleo, abre-se um leque de possibilidades de fabricação de derivados (SAVY FILHO, 1999). O óleo da mamoneira é mais utilizado na fabricação de tintas, vernizes, cosméticos, sabões, fluidos hidráulicos, plásticos e, nos últimos anos, o óleo de rícino começou a ser enxergado como matéria prima para obtenção de combustível renovável (MELO; ASSUNÇÃO, 2005).

É importante salientar que no processos de extração do óleo o subproduto conhecido como torta de mamona, possui um grande interesse comercial devido ao seu alto valor proteico. A torta bruta é muito utilizada como adubo e, quando tratada para retirada dos resíduos tóxicos pode ser utilizada como ingrediente na ração animal (CHIERICE; NETO, 2001).

### **2.6.1 Indústria química**

O principal produto e o objetivo daqueles que cultivam mamona é o óleo. O seu teor na semente varia de 35% a 55%, sendo o padrão comercial de 44% (FREIRE et al., 2006). Ele tem na sua composição 90% de ácido graxo ricinoléico, uma das poucas ocorrências naturais que se aproximam do composto puro e uniforme. A molécula do ácido ricinoléico possui 18 carbonos (CHIERICE; NETO, 2001).

As características do ácido ricinoléico são conferidas pela sua estrutura química, com grupo hidroxilo no carbono 12 e dupla ligação, sendo a única fonte comercial com esta singularidade. O grupo hidroxilo confere ao composto a estabilidade e a alta viscosidade, que é mantida em larga faixa de temperatura, ao contrário de outros óleos vegetais, que perdem viscosidade em altas temperaturas e se solidificam em baixas, possuindo também estabilidade à oxidação (SAVY FILHO, 1999). Os derivados do óleo de mamona são sintetizados pela atuação em três sítios de reação na molécula: o grupo hidroxila no 12º carbono, a dupla ligação no 9º carbono e a ligação éster, tornando-o matéria prima para grande número de reações químicas.

Os três grupos funcionais presentes no ácido ricinoléico fazem com que o óleo de mamona possa ser submetido a diversos processos químicos nos quais podem ser obtidos diferentes produtos. Alguns produtos como sabões, glicerina são fabricados a partir do processo de saponificação. A glicerina obtida como subproduto da saponificação pode ser isolada e comercializada como glicerina loira, ou purificada por processos de destilação para se obter um produto com maior grau de pureza. Este produto encontra aplicação em

variados ramos da indústria química, como a indústria farmacêutica e indústria bélica (CHIERICE; NETO, 2001).

No sítio de reação de dupla ligação, um dos processos mais explorados pela indústria química é a hidrogenação catalítica do óleo de mamona através da adição de hidrogênio gasoso e catalisadores de níquel, com vasta aplicação nas áreas de fabricação de impermeabilizante e impregnantes, aditivos e substitutos de ceras naturais, lubrificantes de moldes e estampos para borrachas e plásticos, compostos para extrusão de metais, tintas de impressão, sabões especiais, fabricação de velas, aditivos para polímeros e fabricação do ácido 12 hidroxisteárico.

Já o grupo hidroxila é o que diferencia o ácido ricinoléico da maioria dos ácidos graxos encontrados nos óleos vegetais, pela sua presença no 12º carbono. Esta função orgânica permite variados processos de síntese nos quais se pode obter um grande número de produtos de interesse comercial, podendo nesses processos industriais empregar diretamente o óleo de mamona ou o ácido ricinoléico já isolado. Dentre os vários processos industriais que podem ser obtidos nesse grupo pode-se destacar a desidratação, pois o óleo parcialmente desidratado possui excelentes propriedades lubrificantes e miscibilidade com óleos minerais parafínicos e naftalênicos, sendo bastante utilizados como óleos hidráulicos e aditivos de lubrificantes minerais automotivos, pois melhora o índice de viscosidade (CHIERICE; NETO, 2001).

Outro processo que envolve a reação do ácido ricinoléico que ocorre no sítio de reação do grupo hidroxila citado por Chierice e Neto (2001), e que tem ampla utilização industrial é a fusão alcalina. Dela obtêm-se dois produtos: o ácido sebácico e o álcool iso-octanol. Esse último é muito utilizado como solvente de algumas resinas e vernizes, aditivos de tintas, fabricação de antiespumantes e bastante utilizado também na área de cosméticos como matéria prima para obtenção de inúmeros aromas e perfumes sintéticos. O ácido sebácico tem uma vasta aplicação industrial, com destaque para fabricação de lubrificantes e graxas sintéticas de alta estabilidade para utilização em motores, jatos, instrumentos de comando, controle e registro de aeronaves.

De acordo com Savy Filho (1999), o ácido ricinoléico e ácido sebácico são considerados produtos estratégicos pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, sendo despendidos esforços para sua reintrodução na cultura, visando à diminuição da dependência estrangeira.

## 2.6.2 Biodiesel

De acordo com a Medida Provisória 214/2004, convertida na Lei 11.097/05, “biodiesel é um combustível renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil”. O biodiesel pode ser obtido por diferentes processos, dentre os quais se destaca a transesterificação de óleo vegetal ou gordura com um álcool de baixo peso molecular, como etanol ou metanol, através de uma reação catalisada por hidróxido de potássio ou de sódio (VÉRAS et al., 2012).

O produto desta reação é um éster, o biodiesel, sendo o principal subproduto a glicerina, utilizada pelas indústrias de plásticos, lubrificantes, cosméticos, produtos farmacos e explosivos. Um dos principais problemas na utilização da mamona para biodiesel é a sua viscosidade, cerca de sete vezes maior que a do diesel mineral, o que resulta em valores fora dos limites permitidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (CHECHETTO et al., 2010).

O biodiesel pode ser produzido tanto na forma pura, chamado “B100”, como também misturado ao diesel mineral, de acordo com os percentuais de mistura adotados: 2%, conhecido como “B2”; 5%, conhecido como “B5” e 20%, conhecido como “B20”. No Brasil, a mistura de biodiesel ao diesel fóssil teve início em dezembro de 2004, em caráter autorizativo até janeiro de 2008, quando a partir daí entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória pela Lei nº 11.097/2005 de adição de 2% de biodiesel ao diesel mineral (B2), em todo território nacional (TAPANES et al., 2013).

Com o crescimento do mercado brasileiro na área do biodiesel, o percentual de 2% foi elevado pelo Conselho Nacional de Políticas Energéticas – CNPE para mistura de 5% (B5) em janeiro de 2010, antecipando em três anos a meta estabelecida pela Lei. Dentre as matérias primas potencialmente utilizadas para biodiesel, podemos destacar os óleos de: amendoim, milho, soja, dendê, coco da praia, caroço de algodão, coco babaçu, girassol, pinhão manso, mamona e outras dezenas de materiais, sendo a mais utilizada hoje em escala industrial a soja, mesmo com seu problema de baixa estabilidade à oxidação e ao teor de fósforo, provocando entupimento dos filtros e depósitos em injetores de motores (TAPANES et al., 2013).

## 2.7 Adubação Orgânica

De maneira geral, os solos agrícolas são constituídos, em grande parte, pela fração mineral e somente uma pequena porção é representada pela matéria orgânica, contribuindo

com algo em torno de 5% do total da massa da maioria dos solos agrícolas. Seu conteúdo merece atenção especial, pois resulta da decomposição de resíduos animais e vegetais e varia de acordo com a prática de manejo adotada (OLIVEIRA et al., 2009).

A adubação orgânica é definida como a aplicação de restos de plantas e resíduos de animais em diversas fases de decomposição. Possibilita grandes benefícios ao solo e apresenta vantagens em relação aos fertilizantes minerais por permitir o uso de materiais disponíveis na propriedade, tais como: esterco bovino, caprino, suíno, galinha, restos de culturas, resíduos industriais e urbanos como tortas de oleaginosas e lixo urbanos.

A incorporação de matéria orgânica ao solo promove mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas, melhorando consideravelmente sua estrutura, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes, visto que, a matéria orgânica constitui-se a principal fonte de macro e micronutrientes, importantes no desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; BELTRÃO, 2010).

Apesar de seus benefícios, vale ressaltar que seu resultado dependerá, dentre outros fatores, da qualidade e da quantidade do material que está sendo utilizado, pois, a composição química dos estercos, por exemplo, pode variar de acordo com o tipo de animal e com o tipo de alimento da sua dieta (FERNANDES et al., 2009). O esterco bovino, por exemplo, utilizado com frequência como única fonte de matéria orgânica nos cultivos, apresenta composição química com carência de vários nutrientes (SEVERINO; LIMA; BELTRÃO, 2006).

Garrido, et al. (2009), afirmam que, em geral o esterco apresenta baixa qualidade e pode causar imobilização de nitrogênio no solo, porém, com o objetivo de medir o crescimento e a absorção de nutrientes pelo algodoeiro e pela mamoneira adubados com gliricídia e esterco, o autor chegou a conclusão que a adubação unicamente com esterco não aumentou a disponibilidade de N no solo, mas sua mistura com a gliricídia elevou a disponibilidade de N, P e K do solo, confirmando ser uma prática promissora capaz de melhorar a qualidade do esterco.

Severino; Lima; Beltrão (2006), analisando a composição química de onze materiais orgânicos: bagaço de cana, cama de frango, casca de amendoim, casca de mamona, cinza de madeira, esterco bovino, mucilagem de sisal, polpa de mamona, torta de algodão e torta de mamona, utilizados como substrato na produção de mudas, concluíram que, de forma geral, nenhum dos materiais orgânicos estudados é completo, de forma que os materiais

orgânicos devem ser utilizados misturados, tendo o cuidado para que as formulações se complementem, tanto físico quanto quimicamente.

Os efeitos benéficos que os adubos orgânicos imprimem ao solo e às culturas de uma forma geral, já são bastante conhecidos. Na cultura da mamona, esses efeitos não poderiam ser diferentes, uma vez que se trata de uma cultura, que ao contrário do que se fala, bastante exigente em fertilidade, requerendo quantidades significativas de nutrientes para produção de grãos e para síntese do óleo e das proteínas presentes neste (FERNANDES et al., 2009).

A maior parte das áreas cultivadas com mamona no Brasil está localizada no Nordeste, mais precisamente no semiárido, onde de acordo com Melo; Beltrão; Silva (2003), há uma grande diversidade de tipos de solo, predominando, porém, solos rasos e com baixa capacidade de infiltração de água, geralmente apresentam baixos teores de matéria orgânica, por isso é imprescindível a incorporação de compostos orgânicos (FERNANDES et al., 2009).

A nutrição e adubação da mamoneira exercem grande importância no processo produtivo. Com isso, se a necessidade por insumos é grande, tornam-se elevados também os custos, principalmente com adubação, daí a necessidade da otimização destes insumos, tais como os adubos minerais, principalmente os nitrogenados. É nesse contexto que se insere a utilização de compostos orgânicos que disponibilizem de forma satisfatória todos os nutrientes, em qualidade e quantidade adequada, necessários ao desenvolvimento da cultura.

Ferreira (2012), estudando os efeitos da adubação química e orgânica na mamoneira sobre as características de crescimento da planta, empregando três doses de esterco bovino: 5,0; 10 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> na presença e na ausência de adubação com 80 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, identificou que, em solos arenosos, ligeiramente ácidos e pobres em nutrientes, as plantas de mamona não responderam à adubação mineral completa com NPK aplicado isoladamente, apresentando forte toxidez e mortalidade de plantas. Observou também que, nas mesmas condições de solo o uso de esterco foi essencial para a mamoneira, sempre superando os valores de produção e crescimento alcançados unicamente com adubação mineral, tendo como dose recomendada o uso de 10,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de esterco, especialmente na presença do PK.

Avaliando o crescimento vegetativo de plantas de mamona submetidas à adubação mineral completa e adubação orgânica com três fontes de materiais: esterco de curral curtido e dois compostos de lixo, Fernandes et al. (2009), constataram que dentre os



adubos utilizados o que mais proporcionou melhor resposta ao crescimento foi a adubação orgânica, em especial, os compostos de lixo, atribuído pela maior adição de N e K no solo e pela melhoria das propriedades físicas, principalmente no que se refere ao aumento da retenção de água.

Severino et al. (2006), ao avaliarem os efeitos sobre o crescimento e produtividade da mamoneira utilizando três doses de matéria orgânica, com presença ou ausência de adubação mineral, observaram que a adubação que apresentou melhor rendimento da cultura foi a mistura adubo orgânico + mineral. Concluíram também que o P é o nutriente de maior importância para o aumento da produtividade e teor de óleo, e que a baixa disponibilidade hídrica limita a mineralização e a liberação de nutrientes do material orgânico.

Avaliando a composição de substratos para produção de mudas de mamoneira utilizando misturas de solo, esterco bovino, casca de amendoim, mucilagem de sisal, bagaço de cana e cama de frango, Lima et al. (2006), concluíram que o substrato composto por solo + casca de amendoim + cama de frango + mucilagem de sisal propiciou o melhor crescimento das mudas, observando que a cama de frango contribuiu para o enriquecimento químico do substrato, enquanto a casca de amendoim e a mucilagem de sisal contribuíram para adequar as características físicas de aeração e retenção de água.

Já Oliveira et al. (2009), avaliando o desenvolvimento inicial da mamoneira submetida a adubação orgânica de esterco bovino e esterco ovino, em doses de 0, 10, 20, 30 e 40 % da composição do substrato, concluíram que a mamoneira respondeu significativamente, tanto relacionado às duas fontes de matéria orgânica utilizadas quanto às diferentes dosagens, identificando que o maior desenvolvimento das plantas foi obtido com o esterco bovino, em teores de aproximadamente 30%.

Nesse contexto, vale ressaltar também a importância de dois resíduos oriundos do sistema de produção da mamoneira e que vem ganhando destaque nas pesquisas com materiais alternativos para adubação orgânica. O primeiro deles é a casca da mamona, subproduto do processo de descascamento dos frutos, que na maioria dos casos acaba ficando com o produtor que a utiliza como cobertura morta nas áreas de plantio. O segundo é a torta, subproduto da extração de óleo das bagas, e que quase sua totalidade acaba ficando para as indústrias extratoras de óleo, que a comercializa como adubo orgânico ou para alimentação animal após destoxicação.

## **2.8 Torta e casca de mamona na adubação orgânica de mamoneira**

A torta e a casca de mamona apresentam-se como dois subprodutos do beneficiamento da mamona, cada uma com sua importância e valor nutricional para as plantas e para a estrutura do solo, sendo a torta o mais tradicional e importante destes subprodutos. Estas fontes de matéria orgânica já são utilizadas em algumas regiões brasileiras, porém, com pouca frequência.

A torta de mamona é o resíduo da extração do óleo das sementes da mamoneira. Trata-se de um produto com elevado teor de proteína, que a torna atraente para alimentação animal, porém a presença de princípios tóxicos e alergênicos tem tornado inviável essa alternativa. Conhecida por ser uma boa fonte de Nitrogênio, caracteriza-se por liberar mais lentamente seus componentes do que os adubos químicos, e razoavelmente lenta em relação ao esterco animal (SEVERINO, 2005).

O Brasil possui grande potencial de utilização desses materiais, uma vez que, cerca de 30% dos frutos representam as cascas e, para cada tonelada de óleo são obtidos 1.300 kg de torta, cujas quantidades e qualidades variam de acordo com os processos de extração utilizados (FREIRE, 2001).

De acordo com Severino (2005), para cada tonelada de sementes de mamona processada, estima-se que sejam gerados 530 kg de torta. Diante disso, dados da Conab (2014), do acompanhamento da safra brasileira de grãos, mostram que no período safra de 2013/2014, o Brasil produziu cerca de 44,5 mil toneladas de mamona em baga, o que estima-se que neste período, potencialmente se obteve algo em torno de 23,6 mil toneladas de torta de mamona, podendo ser destinada à adubação orgânica ou outras finalidades, como por exemplo, farelo para aproveitamento em rações para animais, após ser submetida a processos de destoxicação, produção de aminoácidos, plásticos, colas, inseticidas e outros produtos.

A torta bruta apresenta três componentes tóxicos e alergogênicos, que são a ricina, a ricinina e o alergogênico CB-1A. A ricina é um componente proteico de toxidez elevada presente na baga na proporção de 6% a 9%. Para ser eliminada da torta deve ser submetida ao processo de cozimento com vapor de água saturado. A ricinina é um alcaloide tóxico, porém, menos tóxico que a ricina e presente em menor quantidade na torta, podendo ser eliminada através de sublimação a uma temperatura de 152°C. Já o alergogênico CB-1A, é um composto protéico sacarídico que não apresenta toxicidade, porém, tem ação altamente alergogênica, presente na baga na proporção de 3% a 6% e, sua eliminação da torta não é

muito simples, necessitando de, além do cozimento, passar por um processo de extrusão (CHIERICE; NETO, 2001).

A utilização da torta de mamona como ingrediente na alimentação animal ainda não tem sido difundida principalmente pela presença destes elementos tóxicos e alergênicos na sua composição, além da falta de tecnologia economicamente viável em nível industrial para o seu processamento (HOFFMAN et al., 2007). A torta bruta, sem sofrer nenhum tipo de tratamento, deve ser utilizada unicamente como adubo orgânico (CHIERICE; NETO, 2001). Porém, devem ser tomados cuidados, pois a aplicação da torta ao solo como adubo pode causar alergias aos trabalhadores e aos moradores da proximidade para onde a poeira da torta pode ser levada pelo vento, além de poder provocar intoxicação de animais domésticos (SEVERINO, 2005).

Relatos de agricultores revelam eventuais problemas de baixa germinação ou morte de plantas recém-germinadas devido ao uso de torta de mamona. Severino et al. (2007), a fim de observar possíveis efeitos deletérios de doses excessivas de torta de mamona sobre a emergência e crescimento inicial da mamoneira, concluiu que, doses de torta superior a 4% (em volume), o que equivale a 24 t ha<sup>-1</sup> incorporada à camada de 0 – 10 cm do solo, pode provocar toxicidade sobre a mamoneira, comprometendo a emergência e o crescimento inicial da planta.

Quanto à casca da mamona, é um resíduo gerado em grande quantidade no processo de descascamento das sementes e apresenta teores razoáveis de macronutrientes. Trata-se de um subproduto que geralmente é descartado ou jogado nas áreas de cultivo sem um controle prévio dos teores adequados lançados ao solo. De acordo com Severino et al. (2005), para cada tonelada de mamona processada, são gerados cerca de 620 kg de casca.

A casca de mamona também apresenta grande potencial na adubação orgânica e ciclagem de nutrientes no solo. Sua utilização pelo pequeno agricultor, que geralmente não dispõe de insumos para repor ao solo os nutrientes que são retirados pelas culturas, proporciona uma alternativa para melhoria das características físicas e químicas do solo, uma vez que, no geral, apenas as cascas do fruto da mamoneira acabam ficando em poder dos agricultores, ao contrário da torta, que fica em poder das indústrias.

Porém, alguns fatores referentes à qualidade desses materiais devem ser observados, principalmente a relação C/N, presença de lignina e granulometria podem causar consequências negativas no cultivo. Materiais com alta concentração de carbono e baixa de nitrogênio (alta relação C/N), como é o caso da casca de mamona, em geral, são mineralizados lentamente, induzindo a deficiência de nitrogênio nas plantas, pois os

microorganismos absorvem grande parte do N disponível. Em contrapartida, materiais com baixa relação C/N perdem nitrogênio. No caso da torta da mamona, sua relação C/N é de aproximadamente 11:1 e da casca é de 80:1 (LIMA et al., 2008).

No ato da decomposição destes materiais, os microorganismos absorvem parte do N disponível (COSTA et al., 2010). Por isso, muitos autores recomendam sempre sua utilização, se possível, associadas a outras fontes de matéria orgânica ou adubação mineral. A torta de mamona, por exemplo, é rica em nitrogênio e outros elementos. Já a casca apresenta teores relativamente baixos de nitrogênio e um alto teor de potássio, confirmando que a mistura dos dois materiais associados ou não a uma adubação mineral pode apresentar resultados satisfatórios. Na Tabela 3 são apresentados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio contidos na casta e na torta de mamona.

Difícilmente se encontram materiais que reúna sozinho todas as condições químicas e físicas ideais para o crescimento das plantas. Lima et al. (2008), avaliando separadamente a casca e a torta de mamona como fertilizantes orgânicos, complementados com fertilizante nitrogenado, na adubação de mamoneiras, observaram que, a torta de mamona propiciou aumento significativo em todas as características de crescimento de forma proporcional à dose fornecida.

Já a casca de mamona, devido ao seu baixo teor de nitrogênio e alta relação C/N, induziu a uma deficiência de N devido à imobilização temporária deste elemento na biomassa microbiana. Os autores ainda observaram que, quanto maior o percentual de casca de mamona adicionada ao solo, menor foi o crescimento das plantas em todas as características estudadas, destacando que, quando a casca é espalhada na lavoura de forma que não fique concentrada em pequenas áreas, o problema da relação C/N não é considerável, diferentemente quando utilizada em altas concentrações em vasos ou canteiros, o qual se faz necessário submeter o material a um processo de compostagem, decomposição ou mistura a outro material rico em N (LIMA et al.,2008).

**Tabela 3.** Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da casca e da torta de mamona

Materiais Orgânicos	Nutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Casca de Mamona	1,86	0,26	4,5	0,67	0,88
Torta de Mamona	7,54	3,11	0,66	0,75	0,51

Fonte: Adaptado de Lima et al. (2011).

Por ser um material de rápida decomposição e rápida liberação de nutrientes, a torta de mamona apresenta maiores vantagens em relação à casca. Severino et al. (2004), menciona ainda que, uma das vantagens da utilização da torta em relação à aplicação de fertilizantes químicos é a liberação gradual dos nutrientes à medida em que são demandados.

Costa et al. (2010), avaliando a combinação de casca de mamona de forma moída e natural na quantidade de  $3t\ ha^{-1}$  com quatro doses crescentes de nitrogênio (0, 30, 60 e 90  $kg\ ha^{-1}$ ), mais uma dose fixa de fósforo na adubação da mamoneira BRS energia, concluíram que, a casca moída superou a casca natural para todas as variáveis de crescimento estudadas: altura de planta, diâmetro de caule, número de nós e número de ramificações. As dosagens de nitrogênio que apresentaram melhores respostas foram 60 e 90  $kg\ ha^{-1}$ , sendo que no primeiro caso, afetou positivamente nas variáveis: diâmetro do caule e número de nós e, a dosagem de 90  $kg\ ha^{-1}$ , afetou positivamente no número de ramificações.

Silva et al. (2012), obtiveram resultados semelhantes quando avaliaram o crescimento e a produtividade da mamoneira adubada com casca de mamona nas formas moída e natural juntamente com fertilizante nitrogenado nas doses de 0, 30, 60 e 90  $kg\ ha^{-1}$ . Concluíram que, a casca moída foi superior à casca natural em todas as características de crescimento produção estudadas. A dosagem de 90  $Kg\ ha^{-1}$  de N se sobressaiu em relação às demais para a massa seca do cacho, área foliar por planta e número de folhas. Já o número de nós apresentou melhor resultado com a dosagem de 60  $kg\ ha^{-1}$ .

Estudando os efeitos do uso da casca de mamona associada ao composto de lixo, esterco bovino, lodo de esgoto e torta de mamona como substrato para produção de mudas de pinhão-manso, Lima et al. (2011) concluíram que, o uso de apenas terra com casca de mamona moída proporcionou menor crescimento das mudas, porém, quando adicionado composto de lixo, lodo de esgoto ou torta de mamona à composição do substrato, proporcionou melhor desenvolvimento das plantas.

A utilização de casca e torta de mamona como adubo orgânico, assim como outras fontes matéria orgânica, além de servirem para melhorar as condições físicas do solo e incorporação de nutriente, proporciona uma elevação na atividade microbiana no solo, influenciando diretamente na adição de carbono no sistema, que serve de substrato aos micro-organismos que aumentam sua atividade e a liberação de  $CO_2$ .

Silva et al. (2012), avaliaram o potencial do uso da torta de mamona resultante da produção de biodiesel direto da semente como fertilizante orgânico no cultivo da mamoneira, nas seguintes variáveis: altura de plantas, massa fresca e seca da parte aérea, teores totais de nutrientes na raiz e na parte aérea, além de elementos residuais após o cultivo. Concluíram que, a torta de mamona apresentou grande potencial de uso na agricultura como fornecedora de nutrientes, podendo ser utilizada *in natura*, sem necessidade de tratamento e, o teor de nutrientes nos tecidos vegetais e no solo foi diretamente proporcional ao volume de torta aplicado, sendo a dose de 80 Mg ha<sup>-1</sup> a mais indicada para disponibilização de nutrientes ao solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de março a setembro de 2014 no campo experimental do Colégio Técnico de Teresina – CTT, na Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina-PI, a 5°02'53'' de latitude Sul e 42°47'65'' de longitude Oeste, e altitude de 72 metros.

De acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), o clima da região configura-se como C1s A'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro – outubro – novembro (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2012).

##### 3.1.1 Análises físicas e químicas do solo

O solo da área experimental é classificado como ARGISSOLO Vermelho-Amarelo eutrófico de textura arenosa, (informação própria). Antes do plantio foram coletadas amostras nas profundidades de 0-10 e de 10-20 cm para determinação das características físicas e químicas do solo. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solo - LASO do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Os resultados das análises físicas e químicas do solo são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4.** Características físicas do solo da área experimental, Teresina – PI, 2014

Profundidade (cm)	pH Água	MO g kg <sup>-1</sup>	SB -----	CTC-T mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	V	Areia -----	Silte g kg <sup>-1</sup> -----	Argila
0-10	6,9	14,0	29,8	43,4	68,66	880,0	110,0	10,0
10-20	7,2	17,0	27,2	41,5	65,54	860,0	120,0	20,0

Fonte: Laboratório de Solo do Departamento de Engenharia e Solos do CCA/UFPI, Teresina-PI

**Tabela 5.** Características químicas do solo da área experimental, Teresina – PI, 2014

Profundidade (cm)	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
0-10	3,77	0,35	16,0	21,0	7,5	0	13,6
10-20	6,34	0,34	17,0	19,8	6,1	0	14,3

Fonte: Laboratório de Solo do Departamento de Engenharia e Solos do CCA/UFPI, Teresina-PI

### 3.2 Preparo do solo

De acordo com o resultado da análise, não houve a necessidade da aplicação de calcário para correção de solo. O preparo da área foi realizado com aproximadamente 30 dias antes do plantio com grade aradora. O intervalo compreendido entre o preparo da área e a semeadura foi necessário para que não coincidissem o período de início da maturação dos racemos com o período chuvoso da região.

### 3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 parcelas e área total de 340 m<sup>2</sup>. As parcelas de 8,0 m<sup>2</sup> (2,0 m x 4,0 m) foram constituídas de duas fileiras com espaçamento de 1,0 m x 1,0 m, totalizando oito plantas por parcela (Figura 1). Os tratamentos constaram de seis composições com substratos orgânicos, uma testemunha relativa e uma testemunha absoluta, compreendendo os oito tratamentos (Tabela 6).

**Tabela 6.** Descrição dos tratamentos utilizados no experimento, Teresina – PI, 2014

Nº	Identificação <sup>1</sup>	Tratamentos	Composição
1	TM	Torta de mamona	Somente torta de mamona
2	CMN	Casca de mamona natural	Casca de mamona natural, triturada em peneira com malha de 5,0 mm
3	CMM	Casca de mamona moída	Casca de mamona moída, triturada em peneira com malha de 0,8 mm
4	CMN+TM	Casca de mamona natural + torta de mamona	Mistura de casca de mamona natural e torta de mamona
5	CMM+TM	Casca de mamona moída + torta de mamona	Mistura de casca de mamona moída e torta de mamona
6	EC	Esterco de caprino	Somente esterco caprino curtido
7	TR	Nitrogênio (cobertura)	Somente adubação mineral de P e K em fundação e N em cobertura
8	TA	Solo sem adubação	Nenhum tipo de adubação.

<sup>1</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM: Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta;



Os materiais orgânicos compreendidos pelos seis primeiros tratamentos foram previamente preparados, sendo a torta de mamona, adquirida da OLVEQ Industria e Comércio de Óleos Vegetais – Ltda, localizada no município de Quixadá-CE. A casca de mamona foi adquirida de agricultores familiares do município de Caracol-PI, em novembro de 2013, oriunda do beneficiamento da mamona da safra 2012/2013 do município. O esterco caprino foi obtido no aprisco do Departamento de Zootecnia do CCA/UFPI. A Figura 2 apresenta as três fontes principais de material orgânico utilizado no experimento.

Para produção dos tratamentos 2 e 3, compreendidos por casca de mamona natural e farinha de casca de mamona, respectivamente, ambas passaram por uma previa trituração em moinho onde, no tratamento compreendido por casca de mamona natural foi utilizado uma peneira com abertura de malha de 5 mm para triturar o material elevando sua superfície de contato com o solo e, o tratamento compreendido por casca de mamona moída, foi utilizado uma peneira com abertura da malha de 0,8 mm transformando-a em um pó bastante fino.

Os materiais foram preparados de acordo com a determinação de cada mistura e aplicados em covas de aproximadamente 30,0 litros. Na Tabela 7 é apresentada a quantidade de adubo orgânico aplicado por cova mediante cada tratamento.

**Tabela 7.** Quantidade de adubo orgânico aplicado por cova de acordo com cada tratamento, Teresina-PI

Tratamentos		
Nº	Identificação <sup>1</sup>	Quantidade Aplicada (L)
1	TM	1,0
2	CMN	3,0
3	CMM	3,0
4	CMN+TM	3,0+1,0
5	CMM+TM	3,0+1,0
6	EC	4,0

<sup>1</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM; Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino

Na Figura 3 são apresentados os seis substratos orgânicos utilizados no experimento atendendo as misturas apresentados na Tabela 7.

### **3.4 Adubação e semeadura**

#### **3.4.1 Adubação**

Com exceção da testemunha absoluta, correspondente ao solo sem adubação, todos os demais tratamentos receberam adubação química básica de fundação com aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Apenas o tratamento TR, representando a testemunha relativa, recebeu 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), 30 dias após a emergência das plantas (Figura 4). Para aplicação das dosagens corretas de cada adubo, foram pesadas em balança digital de precisão as quantidades exatas de adubo necessário para cada cova, como mostra a Figura 4.

#### **3.4.2 Semeadura**

A semeadura foi realizada no dia 25 de março de 2014 em cova. Cada cova foi aberta com broca perfuratriz de 12 polegadas de diâmetro, correspondendo a aproximadamente 30,48 cm, acoplada a um trator, introduzida ao solo até a profundidade de 40,0 cm (Figura 5) e espaçamento de 1,0 m x 1,0 m. Após a aplicação dos adubos orgânicos e minerais de acordo com cada tratamento, realizou-se a semeadura colocando-se quatro sementes por cova (Figura 6).

A cultivar utilizada foi a BRS Gabriela, recomendada para plantio em regiões de baixa altitude. Esta cultivar apresenta-se como produtora de frutos indescentes, permitindo que a colheita se realize escalonadamente ou não. A cultivar BRS Gabriela foi selecionada a partir da linhagem CNPAM 2001-42 originada dos cruzamentos entre as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu (EMBRAPA, 2012). Na Tabela 8 são apresentadas algumas características agrônômicas e tecnológicas da cultivar BRS Gabriela.

Pelos caracteres morfológicos, a BRS Gabriela apresenta-se com uma arquitetura ereta, caule com coloração vermelha apresentando cerosidade com folhas verde média com a pigmentação das nervuras avermelhadas e ausência de cerosidade. As flores masculinas apresentam-se no terço inferior da inflorescência, apresentando racemos de densidade intermediária com frutos de coloração verde média apresentando cerosidade com presença de acúleos de coloração verde rosa. Suas sementes variam entre as colorações rajada, bege e marrom-avermelhada, com formato elipsoide (EMBRAPA, 2012), Figura 7.

**Tabela 8.** Características agrônômicas e tecnológicas da Cultivar BRS Gabriela

<b>Características</b>	<b>BRS Gabriela</b>
Ciclo (dias após a emergência)	150
Dias para floração após a emergência	35-40
Altura média de plantas (cm)	160
Número de cachos por planta	5 a 8
Número médio de frutos por cacho	40
Deiscência dos frutos	Indeiscente
Peso de 100 sementes (g)	50 a 55
Produtividade média (Kg/ha)	1.900
Teor médio de óleo (%)	50

Fonte: Embrapa, 2012.

### 3.5 Condução e tratos culturais

O desbaste foi realizado 15 dias após a germinação cortando-se as plantas rente ao solo, permanecendo apenas uma planta por cova, resultando em uma população de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 8A). Dez dias após o desbaste realizou-se a prática de “amontoa”, pois devido as fortes chuvas durante o período de estabelecimento da cultura, ocorreram casos de tombamentos de plantas (Figura 8B).

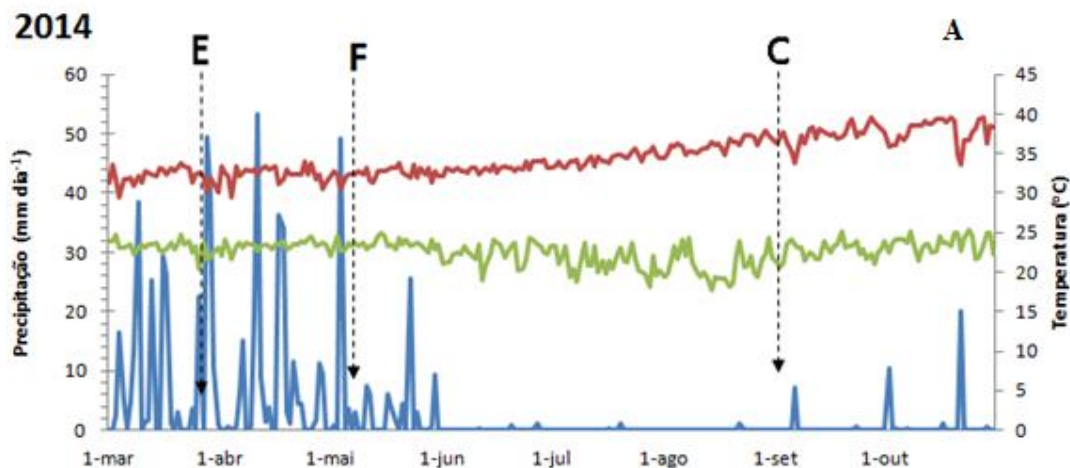
Durante os primeiros 60 DAP, realizaram-se três capinas manuais com enxada, mantendo a cultura livre de competição com plantas daninhas no período mais crítico de crescimento. Após os 60 dias de desenvolvimento da cultura realizou-se um roço entre as linhas de cultivo com o auxílio de uma roçadeira motorizada (Figura 9). Durante a condução do experimento fez-se o monitoramento das plantas e não se constatou a ocorrência de pragas e doenças, não havendo a necessidade de controle fitossanitário.

As irrigações foram realizadas por meio de sistema de aspersão convencional, compreendido por uma linha principal e duas linhas laterais com quatro aspersores, em um espaçamento de 12,0 m entre aspersores e linhas (Figura 10). A intensidade de aplicação foi de 4,2 mm h<sup>-1</sup> e lâmina total aplicada de 306 mm e pressão de serviço 2.10<sup>5</sup> Pa. Vale ressaltar que, o sistema de irrigação disponível na área experimental foi apenas para que o suprimento hídrico não se tornasse um fator limitante para a produção, pois como o plantio foi realizado em pleno período chuvoso, o uso da irrigação foi mínimo, intensificando

apenas da metade do ciclo em diante, sendo interrompido com 109 dias após o plantio – DAP, no dia 14 de julho de 2014, início do processo de maturação dos racemos.

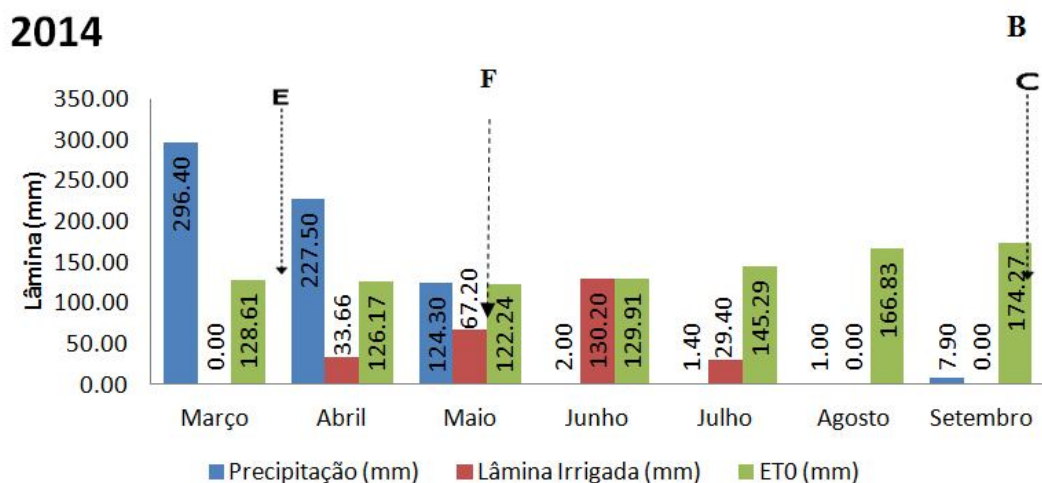
Nas Figuras 11A e 11B são apresentados os dados climáticos registrados durante o período de condução do experimento e que embasaram o manejo da irrigação na área experimental obtidos através de estação meteorológica do INMET. A precipitação acumulada no período foi de 651,6 mm, além da lâmina de irrigação aplicada de 306 mm, correspondendo a um total de 957,6 mm, suficiente para manutenção de todo o ciclo fisiológico da mamoneira.

**Figura 11 A.** Precipitação pluvial ( | ), temperatura máxima ( ) e temperatura mínima do ar ( ) diárias registradas no Município de Teresina no período de março a outubro de 2014 e identificação dos períodos de emergência (E), florescimento (F) do primeiro racemo e colheita (C) dos cachos, Teresina – PI, 2014



O manejo da irrigação foi realizado com base em 100% da evapotranspiração de referência  $E_{To}$ , estimada pelo método de Penman Monteith utilizando o software CROPWAT-FAO versão 8.0. Os  $K_c$ 's para a cultura da mamoneira em sistema de monocultivo, de acordo com Andrade Júnior et al. (2008), são 0,25; 0,40; 0,75 e 0,50 para os períodos de 12 a 40, 41 a 70, 71 a 100 e 101 a 120 dias após o plantio - DAP, respectivamente.

**Figura 11 B.** Precipitação pluvial (mm), lâmina irrigada (mm), evapotranspiração de referência – ETo (mm) e identificação dos períodos de emergência (E), florescimento (F) do primeiro racemo e colheita (C) dos cachos, Teresina-PI, 2014



**Fonte:** INMET (2014)

### 3.6 Colheita e beneficiamento

Antes da colheita, todos os racemos foram envolvidos por sacolas tipo “redinha” (Figura 12) com a finalidade de evitar perdas por deiscência dos frutos. Os racemos foram colhidos quando 2/3 dos frutos apresentavam-se maduros, atendendo a ordem de coletar primeiramente o racemo primário ou principal e em seguida um dos racemos terciários, para análises individuais (Figura 13). Em seguida, procedeu-se a coleta dos demais racemos de todas as parcelas (Figura 14).

Após a colheita os racemos foram expostos ao sol para completar a secagem (Figura 15), sendo o beneficiamento realizado manualmente no Laboratório de Sementes do CTT/UFPI.

### 3.7 Características avaliadas

#### 3.7.1 Dias para emergência (DPE)

Número de dias entre a sementeira e germinação de pelo menos 50% das plantas da parcela.

### **3.7.2 Comprimento do caule (CC)**

Medida, em cm, do colo da planta ao ápice do caule realizada nas quatro plantas centrais de cada parcela, aos 20 e 45 dias após a emergência (DAE), utilizando-se fita métrica (Figura 16).

### **3.7.3 Diâmetro do caule (DC)**

Medida, em mm, do diâmetro da secção mediana do caule realizada com paquímetro aos 20 e 45 DAE (Figura 17).

### **3.7.4 Dias para emissão do racemo primário (DER1)**

Número de dias para emissão da primeira inflorescência. Corresponde à quantidade de dias contados a partir da data de germinação à abertura das flores femininas de 50% das plantas de cada parcela.

### **3.7.5 Dias para maturação do racemo primário (DMR1)**

Quantidade de dias da germinação à maturação de no mínimo 2/3 dos frutos do racemo primário de 50% do total de plantas de cada parcela.

### **3.7.6 Número de nós no ramo principal (NNRP)**

Contagem do número de nós do ramo principal, do colo da planta à inserção do racemo primário.

### **3.7.7 Comprimento dos internódios (CI)**

Obtido pela razão entre o comprimento do caule e o número de nós no ramo principal.

### **3.7.8 Altura da inserção do racemo primário (AIR1)**

Medida, em cm, do solo à inserção do racemo primário realizada uma fita métrica.

### **3.7.9 Altura de planta (ALP)**

Altura em centímetros medida com fita métrica a partir do colo da planta até o ápice do racemo mais alto, ao final do ciclo da cultura (Figura 18).

### **3.7.10 Número de racemos por planta (NRP)**

Contagem de racemos por planta ao final do ciclo da cultura. Para determinação desta característica utilizou-se uma amostra aleatória de 50% do número de plantas de cada parcela.

### **3.7.11 Massa dos racemos (MR)**

Para determinação da massa dos racemos colhidos ao final do ciclo da cultura coletaram-se os racemos de todas as plantas de cada parcela. O peso médio dos racemos foi determinado através da relação entre a massa total dos racemos colhidos e a quantidade média de racemos de cada parcela.

### **3.7.12 Massa do racemo primário (MR1) e um dos racemos terciários (MR3)**

Massa, em gramas, do racemo primário e de um dos racemos terciário obtido em balança digital de precisão.

Os racemos foram coletados aleatoriamente em 50% das plantas de cada parcela e acondicionados separadamente em sacos de papel e encaminhados ao Laboratório de Sementes do CTT/UFPI. Antes de realizar a pesagem os mesmos foram padronizados quanto a sua parte útil (parte com frutos), como mostra a Figura 19.

### **3.7.13 Número de frutos do racemo primário (NFR1) e um dos racemos terciário (NFR3)**

Contagem de frutos de cada racemo por planta. Coletaram-se manualmente os frutos de cada racemo pesado anteriormente, separando o fruto do racemo (Figura 20).

### **3.7.14 Massa dos frutos do racemo primário (MFR1) e um dos racemos terciário (MFR3)**

Massa dos frutos obtidos de cada racemo pesados em balança digital de precisão.

### **3.7.15 Massa das bagas do racemo primário (MBR1) e um dos racemos terciário (MBR3)**

Massa das bagas obtidas dos frutos pesados no sub-ítem 3.7.14. Os frutos foram descascados manualmente utilizando-se facas ou canivetes e em seguida pesados em balança digital de precisão.

### **3.7.16 Comprimento (C), largura (L) e espessura (E) de bagas.**

O comprimento das bagas foi medido no sentido da rafe. Já a largura foi determinada medindo-se transversalmente à rafe e, a espessura, foi medida na região mediana entre as faces superior e inferior das bagas. As medidas foram realizadas em 20 bagas escolhidas aleatoriamente em cada parcela com o auxílio de um paquímetro digital. (Figura 21).

### **3.7.17 Massa de 100 sementes (M100S)**

Massa, em g, de 100 sementes por parcela experimental.

### **3.7.18 Produtividade de bagas (Prod)**

A produtividade de cada parcela foi determinada de acordo com Severino et al. (2005), ou seja, mediante a determinação de um fator de conversão do peso do cacho e peso de sementes para a cultivar BRS Gabriela. Com base nos pesos obtidos dos cachos e peso das bagas das amostras de cada parcela, determinou-se o fator cacho-baga através da seguinte fórmula:

- Fator cacho-baga = {peso das bagas} ÷ {peso do cacho}

Para cada parcela foi gerado um fator que, multiplicado ao peso dos cachos colhidos, pode-se estimar a produção por parcela e, por fim, calculou-se a produtividade.

As variáveis CC, DC, NRP, CI, AIR1 e AP, foram medidas nas quatro plantas centrais de cada parcela.

## **3.8 Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos que apresentaram efeito significativo nas análises de variância foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) utilizando como ferramenta de apoio o programa computacional ASSISTAT 7.7 beta (SILVA, 2014).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Dias para emergência (DPE)

Não houve efeito significativo dos tratamentos na variável dias para emergência (DPE) ( $p > 0,05$ ) pelo teste F, indicando que os tratamentos tiveram efeitos iguais sobre esta variável (Tabela 9).

### 4.2 Comprimento (CC) e diâmetro do caule (DC) aos 20 e 45 DAE.

Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para as variáveis comprimento e diâmetro do caule aos 20 e aos 45 DAE pelo teste F, indicando efeitos diferenciados dos tratamentos sobre as duas variáveis nas duas épocas (Tabela 9).

**Tabela 9.** Resumo das análises de variância de dias para emergência (DPE), comprimento (CC) e diâmetro do caule (DC) aos 20 e aos 45 DAE, Teresina – PI, 2014

Fontes de Variação	Quadrados Médios <sup>1</sup>				
	DPE	20 DAE		45 DAE	
		CC	DC	CC	DC
Substratos	0,424 <sup>ns</sup>	17,2**	32,51**	4011,57**	272,45**
Bloco	0,364 <sup>ns</sup>	32,08 <sup>ns</sup>	4,05 <sup>ns</sup>	1050,63**	86,02**
Resíduo	0,174	28,32	2,45	202,43	13,94
CV (%)	5,49	19,11	17,32	15,98	16,95
Média	7,59	27,84	9,03	89,05	22,02

<sup>1</sup>., \*\*, \*, <sup>ns</sup> significativo a 1%, 5% e não significativos, respectivamente pelo teste F.

Aos 20 dias DAE o maior CC foi observado para o tratamento CMM+TM, com média de 37,27 cm que não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos CMN+TM, EC, TM e TR (Tabela 10). Aos 45 DAE, os tratamentos CMM+TM, CMN+TM e TM apresentaram os maiores CC com 134,0 126,42 e 112,20 cm respectivamente, e foram estatisticamente iguais entre si (Tabela 10).

O incremento observado entre a primeira e a última medição foi de aproximadamente 260% no CC para o tratamento CMM+TM, enquanto que a testemunha absoluta (TA) apresentou um aumento de 139% entre as duas medições, com média de CC duas vezes menor que a média geral do experimento.

Substratos compostos apenas pelas misturas de terra com casca de mamona natural ou moída, promoveram menor comprimento do caule em relação à mistura com a torta, uma provável consequência da elevada relação C/N da casca de mamona. O uso combinado de casca e torta de mamona demonstra haver uma complementariedade dos efeitos da casca com a torta, pois materiais com alta concentração de carbono e baixa de

nitrogênio (alta relação C/N), como é o caso da casca de mamona, em geral, são mineralizados lentamente, induzindo a deficiência de nitrogênio nas plantas, pois os microorganismos absorvem grande parte do N disponível. Em contrapartida, materiais com baixa relação C/N perdem nitrogênio. No caso da torta da mamona, sua relação C/N é de aproximadamente 11:1 e da casca é de 80:1 (LIMA et al., 2008).

Observou-se também que, entre os períodos de 20 a 45 DAE, o nitrogênio foi fator limitante no desenvolvimento das plantas, pois o tratamento TR, aos 20 DAE não diferiu ( $p>0,05$ ) do tratamento TM, o que não ocorreu aos 45 DAE, apresentando drástica redução no crescimento evidenciando dependência deste mineral no desenvolvimento inicial das plantas. Outro ponto importante é a forte relação entre a cultura e a presença de matéria orgânica no solo, com destaque para mistura entre os compostos, pois as características ideais de um substrato dependem das exigências da espécie cultivada.

**Tabela 10.** Médias de dias para emergência (DPE), comprimento (CC) e diâmetro de caule (DC) aos 20 e aos 45 DAE, Teresina – PI, 2014

Substratos <sup>2</sup>	Médias <sup>1</sup>				
	DPE	20 DAE		45 DAE	
		CC (cm)	DC (mm)	CC (cm)	DC (mm)
TM	7,75a	30,55abc	10,37ab	112,20ab	31,39a
CMN	7,75a	21,92bc	6,57cd	65,42cd	20,19b
CMM	7,25a	18,87c	6,22d	66,42cd	15,22b
CMN+TM	8,00a	33,20ab	11,97a	126,42a	30,26a
CMM+TM	8,00a	37,27a	13,50a	134,00a	32,52a
EC	7,25a	32,77ab	10,25abc	91,95bc	19,89b
TR	7,50a	26,10abc	6,87bcd	63,15cd	15,14b
TA	7,50a	22,05bc	6,50d	52,75d	11,55b
Dms	0,99	12,62	3,71	33,75	8,85

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM; Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta.

Os resultados estão de acordo com Lima et al. (2011), os quais verificaram que o uso de apenas terra com casca de mamona moída na produção de mudas de pinhão-manso, espécie da mesma família da mamoneira, proporcionou menor crescimento das mudas. Já com adição à casca de mamona moída de lixo urbano, lodo de esgoto ou torta de mamona, houve melhor desenvolvimento de mudas.

Um maior diâmetro de caule aos 20 DAE, foi observado para o tratamento CMM+TM, média de 13,50 mm, porém, não diferindo ( $p>0,05$ ) dos tratamentos CMN+TM, TM e EC (Tabela 10). Aos 45 DAE, os tratamentos CMM+TM, TM e CMN+TM apresentaram os maiores DC com 32,52 31,39 e 30,26 mm respectivamente, e foram estatisticamente iguais entre si (Tabela 10), diferindo dos demais tratamentos. Observou-se um incremento em diâmetro de caule em 140% aos 45 DAE no tratamento CMM+TM, enquanto que no Tratamento TA o acréscimo observado foi de apenas 77%, com média de apenas 11,55 mm, metade da média geral do experimento.

Os resultados reforçam a questão da complementariedade e da qualidade dos materiais utilizados, como é o caso dos tratamentos CMN+TM e TM, que promoveram maior desenvolvimento do diâmetro de caule (DC) semelhantemente ao crescimento (CC), tornando as plantas mais vigorosas e resistentes ao acamamento. Segundo Milani (2008), plantas que têm maior diâmetros de caules são mais resistentes ao acamamento.

Lima et al. (2008a), avaliando o efeito da utilização de torta e casca de mamona separadas como fertilizante orgânico no cultivo da mamoneiras da linhagem CSRN 393 sobre o comportamento de altura de plantas, diâmetro caulinar, área foliar e matéria seca obtidos aos 60 DAE, concluíram que a torta de mamona apresentou boas características para uso como adubo orgânico, principalmente pelo seu alto teor de nitrogênio, obtendo médias para o diâmetro de caule variando entre 10,73 mm a 13,51 mm, abaixo da média observada neste trabalho, 31,93 mm para o tratamento TM. Os mesmos autores concluíram ainda que a casca de mamona apresentou-se inadequada para uso como adubo orgânico devido sua alta relação C/N que induziu a carência de nitrogênio, mais uma vez corroborando com os resultados aqui obtidos, onde na ocasião, os tratamentos CMN e CMM apresentaram resultados próximos ao tratamento TA, portanto, não exercendo influência significativa para o desenvolvimento das plantas.

Porém, quando utilizado a casca de mamona combinada com a torta, observa-se um considerável incremento no diâmetro do caule das plantas, chegando a quase três vezes o valor obtido com o tratamento TA e quase 48% maior que a média geral, evidenciando maior vigor das plantas em virtude da melhoria da qualidade do substrato com a adição da torta à casca.

### 4.3 Dias para emissão do racemo primário (DER1), dias para maturação do racemo primário (DMR1), número de racemos por planta (NRP) e massa dos racemos (MR).

Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para DER1, DMR1, NRP e MR pelo teste F (Tabela 11), indicando resposta diferenciada, em função dos tratamentos, para cada uma das variáveis.

**Tabela 11.** Resumo das análises de variância para o número de dias para emissão do racemo primário (DER1), dias para maturação do racemo primário (DMR1), número de racemos por planta (NRP) e massa dos racemos (MR), Teresina – PI, 2014

Fontes de Variação	Quadrados Médios <sup>1</sup>			
	DER1	DMR1	NRP	MR
Substratos	145,48**	157,64**	17,24**	403,91**
Bloco	12,54 <sup>ns</sup>	4,28 <sup>ns</sup>	8,45**	31,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	33,71	16,07	1,16	77,32
CV (%)	12,88	3,91	20,41	22,96
Média	45,06	102,41	5,28	38,51

<sup>1</sup>\*\* , \* , ns significativo a 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

O menor DER1 foi observado nos tratamentos CMN+TM e CMM+TM, com média de 38 DAE, sendo que ambos não diferiram ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos TM, CMN, CMM, EC e TA (Tabela 12). Este resultado está de acordo com a média da cultivar trabalhada, porém, com exceção dos tratamentos CMN+TM e CMM+TM, todos os demais tratamentos apresentaram número de dias superior à média (35 a 40 DAE) apresentada pela cultivar BRS Gabriela (EMBRAPA 2012), ocorrendo maior valor para o tratamento TR, 55,25 DAE, demonstrando um possível efeito da adubação nitrogenada estimulando crescimento vegetativo proporcionando atraso no desenvolvimento da primeira inflorescência.

Comportamento semelhante foi observado no DMR1, onde o tratamento CMM+TM levou menor tempo para apresentar-se pronto para colheita, com média de 92 DAE, porém, não diferiu ( $p > 0,05$ ) do tratamento CMN+TM (Tabela 12). O tratamento CMM+TM antecipou a colheita em 17 dias em relação aos tratamentos TR e TA, e 10 dias a menos que a média geral do experimento de 102,4 dias.

É correto afirmar que estes dois fatores estão ligados diretamente às características de precocidade, intrínsecas à própria cultivar trabalhada, por sua alta herdabilidade genética. Porém, ao observar os tempos decorridos para emissão e para maturação do primeiro racemo, fica evidenciado que mesmo sendo a precocidade uma característica da

própria cultivar, os tratamentos CMM+TM e CMN+TM demonstraram influência significativa para reduzir o DER1 e DMR1, proporcionado pela complementação dos dois materiais, com aporte de N e P pela torta e o K proveniente da casca, além de outros nutrientes.

**Tabela 12.** Médias de dias para emissão (DER1) e maturação do racemo primário (DMR1), número de racemos por planta (NRP) e massa dos racemos (MR), Teresina – PI, 2014

Substratos <sup>2</sup>	Médias <sup>1</sup>			
	DER1	DMR1	NRP	MR (g)
TM	43,25ab	100,75abc	7,75a	50,74a
CMN	46,50ab	106,00a	3,75c	29,53bc
CMM	45,00ab	104,50ab	4,00c	29,82bc
CMN+TM	38,00b	95,25bc	8,25a	49,36ab
CMM+TM	38,00b	92,50c	7,00ab	47,43ab
EC	43,00ab	101,00abc	5,00bc	34,94abc
TR	55,25a	110,00a	3,25c	39,85abc
TA	51,50ab	109,25a	3,25c	24,73c
Dms	13,77	9,51	2,55	20,86

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM: Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta.

Quanto ao número de racemos por planta, a maior quantidade foi verificada no tratamento CMN+TM, com média de 8,25 racemos por planta, que não diferiu ( $p>0,05$ ) dos tratamentos TM e CMM+TM (Tabela 12), apresentando-se dentro da média de cachos característica da cultivar que é de 5 a 8 cachos por planta (EMBRAPA 2012). O menor número de racemos por planta foi observado nos tratamentos TR e TA, com média de apenas 3,25 cachos por planta, que não diferiram ( $P>0,05$ ) dos tratamentos CMN e CMM. A utilização da casca de mamona como única fonte de adubação orgânica tem influência negativa nos fatores de produção durante sua fase de decomposição, principalmente por se tratar de um material mais lignificado, o que imprime uma alta relação C/N, que em geral são mineralizados lentamente, induzindo a deficiência de nitrogênio trazendo consequências negativas ao cultivo (LIMA et al., 2008).

Quanto à MR, maior massa dos racemos foi observada no tratamento TM, com média de 50,74g, aproximadamente 32% superior à média geral do experimento, e que não diferiu ( $p>0,05$ ) dos tratamentos CMN+TM, CMM+TM, EC e TR (Tabela 12). Os

tratamentos CMN e CMM não diferiram ( $p>0,05$ ) do tratamento TA, demonstrando a ineficiência da utilização destes tratamentos isolados como única fonte de matéria orgânica na adubação da mamoneira

Os resultados também mostram que a aplicação de apenas uma dose de nitrogênio em cobertura pode não atender a necessidade da cultura, pois diferente dos compostos orgânicos, fontes minerais de N apresentam perdas por volatilização, mesmo os esterco, que segundo Garrido, et al. (2009), de forma geral, apresentam baixa qualidade e causam algumas vezes imobilização de nitrogênio no solo, sendo portanto necessário, sempre que possível, utilizá-los em mistura com outros materiais.

Já no caso da torta de mamona, observando os resultados para NRP e MR, foi o substrato que apresentou melhor desempenho em relação aos demais, concordando com a afirmação de Lima et al. (2011), que concluíram que a torta de mamona é um bom fertilizante orgânico devido principalmente a seus altos teores de N e P, podendo ser utilizado não necessariamente em misturas com casca de mamona. Entretanto é importante observar a presença de efeitos fitotóxicos pela adição de quantidades excessivas de torta de mamona ao solo.

#### **4.4 Número de nós no ramo principal (NNRP), comprimento de internódios (CI), altura de planta (ALP) e de inserção do racemo primário (AIR1).**

Foi observado efeito significativo para NNRP, CI, ALP e AIR1 ( $p < 0,01$ ) pelo teste F (Tabela 13), indicando uma resposta diferenciada dos tratamentos sobre todas estas variáveis morfológicas.

O maior NNRP foi observado para TR, com média de 19,50 nós no ramo principal, que não diferiu ( $p>0,05$ ) dos tratamentos TM, EC e TA (Tabela 14). No entanto, foram os tratamentos CMN+TM e CMM+TM que apresentaram maior CI, com médias de 6,85 e 7,22 cm respectivamente, um provável efeito do aporte de nitrogênio por parte da torta e melhor estruturação física do solo proporcionada pela casca que, segundo Lima et. al. (2005), propicia a formação de macroporos no substrato que facilitam as trocas gasosas e a distribuição da água no solo, promovendo maior crescimento vegetativo das plantas e aumento do comprimento dos internódios.

**Tabela 13.** Resumo das análises de variância para o número de nós no ramo principal (NNRP), comprimento de internódios (CI), altura de planta (ALP) e altura da inserção do racemo primário (AIR1), Teresina – PI, 2014

Fontes de Variação	Quadrados Médios <sup>1</sup>			
	NNRP	CI	ALP	AIR1
Substratos	14,71**	3,72**	6235,21**	1422,72**
Bloco	1,28 <sup>ns</sup>	2,17*	4935,73**	454,86 <sup>ns</sup>
Resíduo	2,04	0,45	904,58	178,57
CV (%)	8,71	11,50	15,10	13,92
Média	16,41	5,83	199,15	95,98

<sup>1</sup>\*\*\*, \*, ns significativo a 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

De acordo com Epstein e Bloom (2006), o N tem efeito direto sobre o crescimento vegetativo. A carga de nutrientes proporcionada pela mistura de casca e torta de mamona promove maior crescimento vegetativo, provocando o aumento dos internódios e diminuindo o número de nós por planta.

**Tabela 14.** Médias de número de nós no ramo principal (NNRP), comprimento de internódios (CI), altura de planta (ALP) e altura da inserção do racemo primário (AIR1), Teresina – PI, 2014

Substratos <sup>2</sup>	Média <sup>1</sup>			
	NNRP	CI (cm)	ALP (cm)	AIR1 (cm)
TM	18,25ab	6,40abc	222,67ab	118,57a
CMN	13,75d	5,07cd	196,50abc	71,22d
CMM	14,50cd	5,60bcd	179,35bc	82,35bcd
CMN+TM	15,50bcd	6,85ab	256,27a	105,07abc
CMM+TM	15,75bcd	7,22a	238,70ab	114,80a
EC	16,75abcd	5,22cd	194,27abc	88,00abcd
TR	19,50a	5,95abc	172,65bc	112,25ab
TA	17,25abc	4,35d	132,77c	75,60cd
Dms	3,39	1,59	71,34	31,70

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM; Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta

Quanto à altura de plantas, o tratamento CMN+TM apresentou plantas com maior altura, com média de 256,27 cm, que não diferiu ( $p>0,05$ ) dos tratamentos CMM+TM, TM, CMN e EC, apresentando-se 93% mais altas que o tratamento TA e cerca de 28% mais altas que a média geral do experimento (Tabela 14). Este resultado corrobora com

Lima et. al. (2008b), que ao estudarem a combinação de casca e torta de mamona como adubo orgânico para mamoneira concluíram que, o uso de 5% de casca de mamona combinada com 5% de torta de mamona (v/v) possibilitou melhor crescimento das plantas.

Lima et. al. (2008a), avaliando a utilização da torta e da casca de mamona como fertilizante orgânico na adubação de mamoneira em vasos, observaram que a torta de mamona proporcionou aumento significativo em todas as características de crescimento estudadas, e que a utilização da casca de forma isolada induziu a deficiência de nitrogênio devido sua imobilização pela massa microbiana do solo.

Silva et. al. (2012), estudando o uso da torta de mamona como fertilizante orgânico, observaram que houve um aumento significativo na altura das plantas, em função do aumento nas doses de torta, principalmente quando utilizada *in natura*, sem nenhum tratamento inicial na torta.

Quanto à altura da inserção do racemo primário, os tratamentos TM e CMM+TM apresentaram comportamento semelhantes ( $p > 0,05$ ), com médias de 118,57 cm e 114,80 cm respectivamente, e não diferiram ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos CMN+TM, TR e EC (Tabela 14). Esta característica está ligada diretamente à precocidade da planta, sendo mais precoce a planta que apresentar menor altura do racemo primário. O resultado está de acordo com o encontrado por Gonçalves et. al. (2013), que ao estudar o comportamento de cultivares de mamona em função da adubação nitrogenada em cobertura, observaram que a altura do cacho foi maior nas plantas que receberam adubação não por causa da precocidade, mas pelo comprimento médio do internódio que aumentou à medida que diminuiu o número de nós, o que ficou evidenciado no tratamento CMM+TM.

#### **4.5 Massa do racemo primário (MR1) e um dos racemos terciário (MR3), número de frutos do racemo primário (NFR1) e um dos racemos terciário (NFR3).**

Foi observado efeito significativo para as variáveis massa do racemo primário, massa de um dos racemos terciário, número de frutos do racemo primário e número de frutos de um dos racemos terciário ( $p < 0,01$ ) pelo teste F (Tabela 15).



**Tabela 15.** Resumo das análises de variância para massa do racemo primário (MR1) e um dos racemos terciário (MR3), número de frutos do racemo primário (NFR1) e de um dos racemos terciário (NFR3), Teresina – PI, 2014

Fontes de Variação	Quadrados Médios <sup>1</sup>			
	MR1	MR3	NFR1	NFR3
Substratos	7824,95**	1947,82**	1300,92**	349,10**
Bloco	315,40 <sup>ns</sup>	264,98 <sup>ns</sup>	44,31 <sup>ns</sup>	18,80 <sup>ns</sup>
Resíduo	241,74	133,83	46,20	30,21
CV (%)	19,83	22,93	19,53	23,72
Média	78,42	50,46	34,80	23,17

<sup>1</sup>\*\* , \* , <sup>ns</sup> significativo a 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

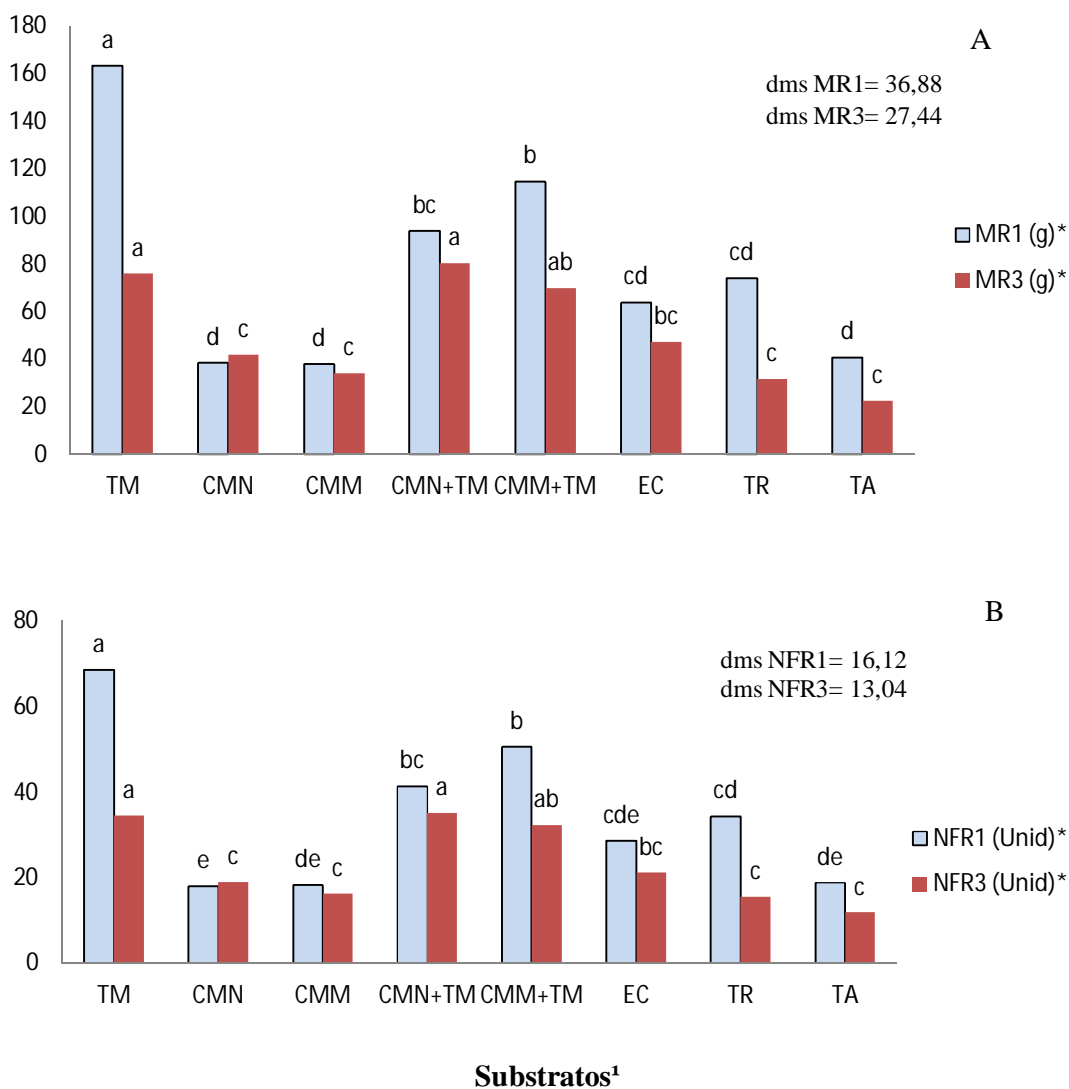
Os racemos primários mais pesados foram observados para TM, com média de 163,55 g. Quanto ao racemo terciário, o destaque foi para o tratamento CMN+TM que apresentou racemos mais pesados, com média de 80,27 g, que não diferiu ( $p>0,05$ ) de TM e CMM+TM (Figura 22A). O maior número de frutos do racemo primário, foi verificado para TM, com média de 68,50 frutos, cerca de três vezes mais o número frutos que no tratamento TA e 96% superior à média geral do experimento. Já para o número de frutos do racemo terciário, o tratamento CMN+TM apresentou maior média, 35,06 frutos por racemo, que não diferiu ( $p>0,05$ ) de TM e CMM+TM (Figura 22B).

Este comportamento pode ser uma indicação da rápida mineralização dos nutrientes presentes na torta, principalmente o nitrogênio, que concorreu para um maior desenvolvimento e consequentemente maior acúmulo de massa dos racemos primários. De acordo com da Silva et al. (2012), a torta de mamona obtida a partir da produção de biodiesel tem como principal elemento o N (em média  $31,2 \text{ g kg}^{-1}$ ), que é responsável pela síntese de aminoácidos constituintes das proteínas que favorecem o crescimento dos tecidos. Os tratamentos CMN e CMM não diferiram ( $p>0,05$ ) do tratamento TA (Figuras 22 A e B), demonstrando a pouca influencia exercida pela casca de mamona na massa e no número de frutos do racemo primário, provavelmente provocado pela alta concentração de carbono e baixa concentração de nitrogênio na casca, imprimindo efeitos negativos nas características estudadas.

Comparando o comportamento do racemo de nível terciário em relação aos resultados obtidos com o racemo primário, fica evidente que grande parte dos nutrientes fornecidos pelo tratamento TM foi translocado em maior quantidade para formação e manutenção do racemo primário, principalmente pela sua rápida decomposição e mineralização dos nutrientes, já que para formação e manutenção dos racemos de nível

terciário seu incremento na massa e número dos frutos sofreu redução de aproximadamente 53% e 50% respectivamente, provocado principalmente pela rápida decomposição do material e pelo aumento do número de cachos demandando nutrientes.

**Figura 22.** Massa do racemo primário (MR1) e massa de um dos racemos terciários (MR3) (A); número de frutos do racemo primário (NFR1) e número de frutos de um dos racemos terciário (NFR3) (B), Teresina – PI, 2014



\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM; Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta

Porém, ao observar os resultados obtidos com CMN+TM, fica evidente que mesmo o racemo terciário tendo apresentado menor massa e menor número de frutos em relação ao primário, essa redução foi bem menor do que os registrados com TM, com redução de apenas 15% entre os racemos. Tal comportamento está relacionado diretamente ao fato de que o ato de se misturar a torta com a casca de mamona pode ter proporcionado uma liberação mais gradual ou balanceada dos nutrientes no solo, estimulado pela rápida liberação de N e P pela torta, e em contrapartida, seguido pela imobilização de nutrientes pela casca, contribuindo para uma disponibilidade mais lenta de alguns minerais, principalmente K. Perdigão et al. (2010), afirmam que o K estimula o desenvolvimento da raiz, o alongamento dos colmos, ativa enzimas, controla a turgidez das plantas, o transporte de açúcar e amido, auxilia na formação de proteína, oferece à planta maior resistência às doenças, propicia melhor qualidade aos produtos vegetais, além de outras funções.

Outro ponto a ser observado diz respeito aos tratamentos EC e TR, que em todas as características estudadas apresentaram comportamento semelhante ( $p > 0,05$ ), indicando que em locais em que este adubo orgânico é disponível em abundância e há ausência de recursos para aquisição de insumos agrícolas, como em cultivos por agricultores familiares, o esterco caprino pode apresentar-se também como alternativa de adubação, observando as características do solo e a qualidade do adubo orgânico, além de, sempre que possível, misturar com outras fontes de adubação a fim de formar um composto mais completo.

#### **4.6 Massa dos frutos do racemo primário (MFR1) e um dos racemos terciário (MFR3), massa das bagas do racemo primário (MBR1) e de um dos racemos terciário (MBR3).**

Foi observado efeito significativo para as variáveis massa dos frutos do racemo primário, massa dos frutos de um dos racemos terciário, massa das bagas do racemo primário e massa das bagas de um dos racemos terciário ( $p < 0,01$ ) pelo teste F (Tabela 16).

O tratamento TM apresentou maior MFR1, com massa dos frutos do racemo primário de 151,81 g, enquanto que para MFR3, o tratamento que apresentou racemos terciário mais pesados foi CMN+TM, com média de 77,75 g, que não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos TM e CMM+TM (Figura 23 A). Para a variável MBR1, o tratamento TM apresentou maior massa das bagas do racemo primário, com média de 102,18 g, sendo superior a todos os demais tratamentos. Já para MBR3, o maior peso das bagas do racemo

terciário foi obtido no tratamento CMN+TM, com média de 53,74 g, que não diferiu ( $p>0,05$ ) dos tratamentos TM e CMM+TM (Figura 23 B).

**Tabela 16.** Resumo das análises de variância para massa dos frutos do racemo primário (MFR1) e um dos racemos terciário (MFR3), massa das bagas do racemo primário (MBR1) e um dos racemos terciário (MBR3), Teresina – PI, 2014

Fontes de Variação	Quadrados Médios <sup>1</sup>			
	MFR1	MFR3	MBR1	MBR3
Substratos	6770,73**	1816,58**	3052,68**	840,85**
Bloco	295,82 <sup>ns</sup>	247,20 <sup>ns</sup>	147,65 <sup>ns</sup>	115,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	208,22	126,05	102,97	61,97
CV (%)	19,78	22,99	20,45	23,59
Média	72,94	48,83	49,63	33,37

<sup>1</sup>\*\* , \* , ns significativo a 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

No caso de racemos de nível terciário, os resultados mostram que a influência da torta de mamona (tratamento TM) na massa dos frutos e das bagas é reduzida em mais de 51% em relação ao racemo primário, confirmando que a contribuição da torta é maior na manutenção do primeiro racemo, por sua rápida mineralização dos nutrientes. Quando se observa a influência do tratamento CMN+TM na massa do racemo terciário em relação ao primário, a redução de peso é de apenas 11%, mesmo sabendo que no nível terciário da planta o número de racemos é maior, ou seja, o número de drenos competindo por nutrientes para enchimento dos grãos é três a quatro vezes maior.

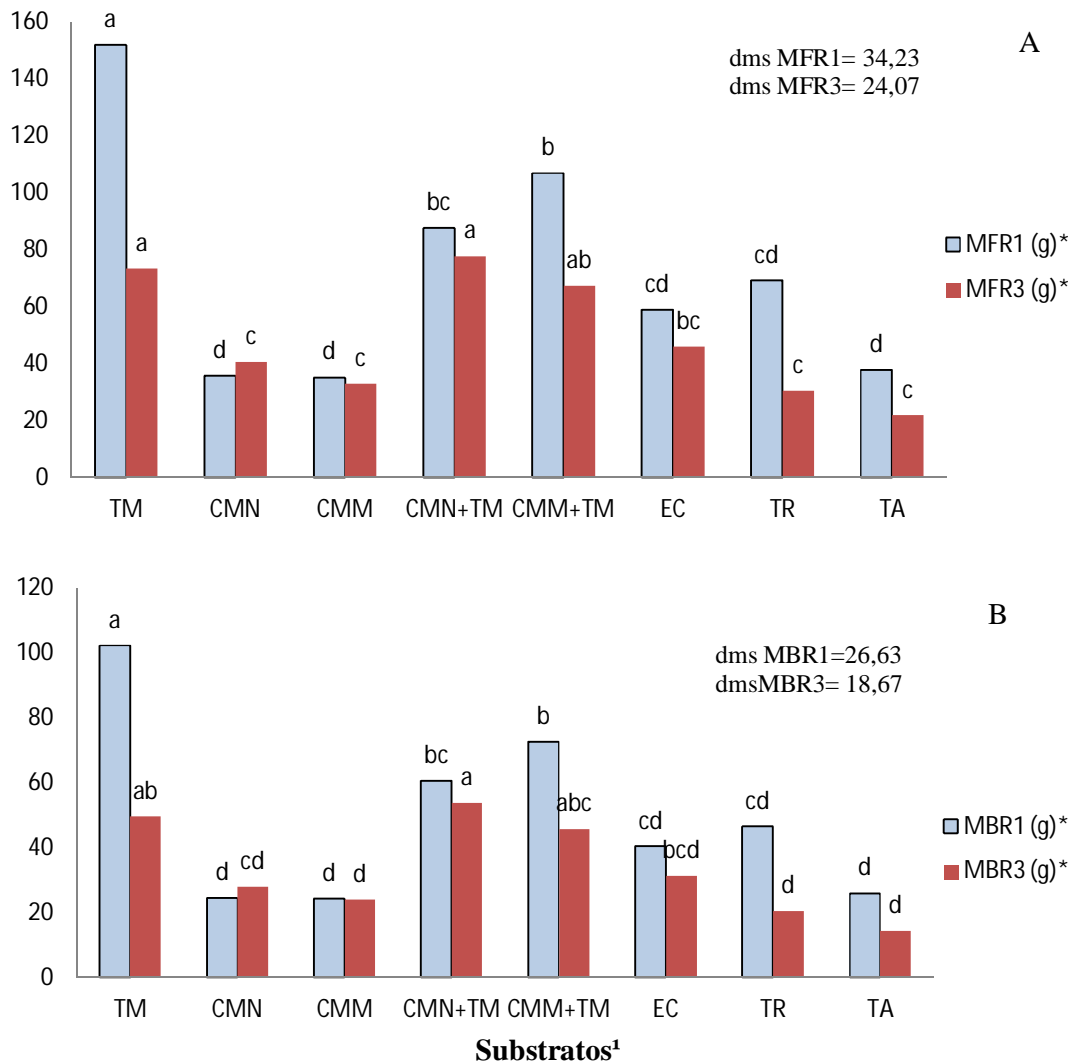
Assim, fica evidente que a utilização da torta como adubação orgânica tem um efeito em curto prazo, disponibilizando mais rapidamente nutrientes às plantas, enquanto que a mistura de casca de mamona natural mais torta de mamona, tem efeito de longo prazo, com maior participação na formação e manutenção dos racemos em todos os níveis hierárquicos da planta.

Severino et. al. (2004), afirmaram que o efeito da mineralização na torta de mamona ocorre de forma muito mais intensa do que em outros produtos orgânicos, como esterco bovino ou bagaço de cana, e seus nutrientes são liberados mais rapidamente e disponibilizados às plantas. Isso ocorre principalmente pela maior atividade microbiana no solo.

Capuani et. al. (2012), estudando a influência dos resíduos de algodão e torta de mamona na atividade microbiana do solo, concluíram que, a utilização de resíduos de torta de mamona e têxtil de algodão, aumentou a atividade microbiana nos diferentes tipos de

solo, além da torta de mamona ter proporcionado maior liberação de CO<sub>2</sub> e taxa de mineralização.

**Figura 23.** Massa dos frutos do racemo primário (MFR1) e massa dos frutos de um dos racemos terciário (MFR3) (A); Massa das bagas do racemo primário (MBR1) e massa das bagas de um dos racemos terciário (MBR3) (B), Teresina – PI, 2014



\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM; Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta

#### 4.7 Comprimento (C), largura (L), espessura (E) das bagas, massa de 100 sementes (M100S) e produtividade de bagas (Prod).

Foi observado efeito não significativo para as variáveis comprimento e espessura das bagas ( $p > 0,05$ ) e significativo para largura das bagas, massa de 100 sementes e produtividade ( $p < 0,01$ ) pelo teste F (Tabela 17).

**Tabela 17.** Resumo das análises de variância para medidas de comprimento (C), largura (L), espessura (E), massa de 100 sementes (M100S) e produtividade de bagas (Prod.), Teresina – PI, 2014

Fontes de Variação	Quadrados Médios <sup>1</sup>				
	C (mm)	L (mm)	E (mm)	M100S (g)	Prod. (kg ha <sup>-1</sup> )
Substratos	0,15 <sup>ns</sup>	1,16**	0,01 <sup>ns</sup>	24,79**	2979386,74**
Bloco	0,06 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,04*	17,53 <sup>ns</sup>	834526,81**
Resíduo	0,06	0,59	0,01	6,25	132631,82
CV (%)	1,65	1,60	1,53	5,10	25,61
Média	14,88	10,48	6,08	48,99	1421,83

<sup>1</sup>\*\* , \* , ns significativo a 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

O comprimento e espessura das bagas não sofreram efeitos dos tratamentos. Os maiores valores de largura das bagas foram observados no tratamento TM, com média de 10,81 mm, que não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos CMM+TM e CMN+TM (Tabela 18). A mamona apresenta grande variabilidade em suas características qualitativas e quantitativas. Segundo Moshkin (1986), as sementes de mamona variam de 0,80 cm a 3,00 cm de comprimento, 0,60 cm a 1,50 cm de largura e de 0,4 cm a 1,00 cm de espessura.

O maior valor para massa de 100 sementes foi obtido no tratamento CMN+TM, com média de 52,64 g, que não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos TM, CMM+TM, CMN, EC e TR (Tabela 18), semelhante à média característica da cultivar (50 a 55 g) apresentada por Embrapa (2012). Nagaoka et al. (2006), obtiveram média de 100 sementes de 63,9 gramas para variedade de mamona IAC-226.

Os maiores valores de produtividade de bagas foram obtidos com o tratamento CMN+TM, com média de 2.697,73 kg ha<sup>-1</sup>, que não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos TM e CMM+TM. De acordo com Nóbrega et al. (2001), é classificado como alto potencial produtivo (Figura 24).

**Tabela 18.** Médias de comprimento (C), largura (L), espessura (E) das bagas e massa de 100 sementes (M100S), Teresina – PI, 2014

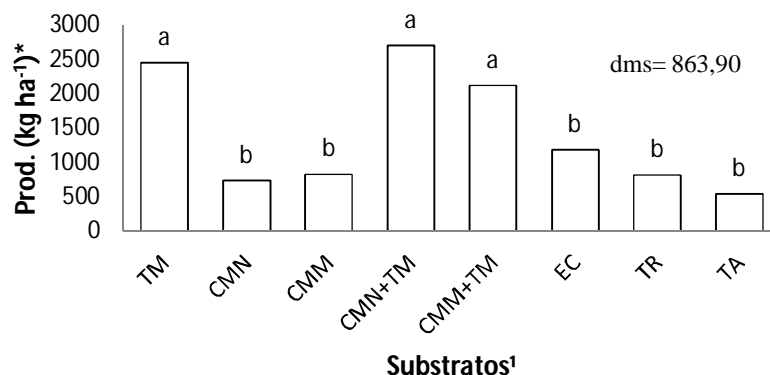
Substratos <sup>2</sup>	Médias <sup>1</sup>			
	C (mm)	L (mm)	E (mm)	M100S (g)
TM	15,22a	10,81a	6,12a	51,77ab
CMN	14,78a	10,30b	6,07a	49,14abc
CMM	14,66a	10,33b	6,07a	46,65bc
CMN+TM	15,01a	10,65ab	6,16a	52,64a
CMM+TM	15,02a	10,68ab	6,03a	50,19abc
EC	14,83a	10,38b	6,08a	48,73abc
TR	14,68a	10,37b	6,07a	47,48abc
TA	14,81a	10,30b	6,07a	45,38c
Dms	0,58	0,40	0,22	5,93

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM; Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta.

Este resultado foi superior ao obtido por Severino et al. (2006), quando avaliaram a produtividade e o crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral, obtendo produtividade média de 1.097 kg ha<sup>-1</sup> utilizando esterco bovino somado a adubação mineral com macro e micronutrientes. Os mesmos autores observaram que o fornecimento de micronutrientes associados a doses adequadas de adubo orgânico e mineral não teve efeito significativo sobre a produtividade de sementes de mamona.

**Figura 24.** Produtividade de bagas em função da adubação orgânica e nitrogenada, Teresina – PI, 2014



\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>TM: Torta de Mamona; CMN: Casca de Mamona Natural; CMM; Casca de Mamona Moída; CMN+TM: Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona; CMM+TM: Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona; EC: Esterco Caprino; TR: Testemunha Relativa; TA: Testemunha Absoluta.

## 5 CONCLUSÕES

Os substratos compostos pela mistura de 3,0 L de casca de mamona, nas formas natural ou moída, mais 1,0 L de torta de mamona, assim como o substrato composto somente por 1,0 L de torta de mamona em cova, possibilitaram maior desenvolvimento nas fases inicial, crescimento vegetativo e reprodutivo, bem como maiores produtividades da cultivar BRS Gabriela.

A utilização de 1,0 L de torta de mamona em cova como substrato orgânico proporciona maior desenvolvimento do racemo primário da cultivar BRS Gabriela.

A utilização de casca de mamona de forma isolada, sendo ela na forma natural ou moída, não é recomendada como única fonte de adubação orgânica, devendo ser misturada a outras fontes de nutrientes.

Havendo impossibilidade de uso de fontes minerais de N, a torta de mamona, a combinação de casca mais torta de mamona e o esterco caprino devem ser utilizados como alternativa de adubação na mamoneira.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de.; MELO, F. de B.; MASCHIO, R.; RIBEIRO, V. Q. MORAIS, E. L. da C. Coeficientes de cultivo da mamoneira em sistema monocultivo e consorciado com feijão-caupi. Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Ricinoquímica, 3., 2008, Salvador. **Anais...** SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008.

AMARAL, J. G. C. do. **Variabilidade genética para características agronômicas entre progênies autofecundadas de mamona (*Ricinus communis* L.) cv AL Guarany 2002.** 2003. 59 f. (Tese) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. 350 p.

BASTOS, A. E.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Boletim agrometeorológico de 2011 para o município de Teresina, Piauí. Embrapa Meio-Norte, 2012. (**Documentos 220**).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O.L; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Algodão. p. 37-61, 2001.

BELTRÃO, N. E. de M. Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento. 2.ed. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2003. (**Comunicado Técnico, 171**).

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G. de.; SANTOS, J. W. dos.; JERÔNIMO, J. F.; COSTA, F. X.; LUCENA, A. M. A. de; QUEIROZ, U. C. de. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordestina na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, v. 7, n. 1, p. 659-664. Jan-abr., 2003.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de. Efeitos do clima no metabolismo vegetal: Mamona. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2008. (**Documentos 210**).

BELTRÃO, N. E. de M., et al. Fitologia. In MILANI, M.; MIGUEL JÚNIOR, S. R.; SOUSA, R. de LIMA. Sub-espécies de mamona. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2009. (**Documentos 230**).

CAPUANI, S.; RIGON, J. P. G.; BELTRÃO, N. E. de M.; BRITO NETO, J. F. de. Atividade microbiana em solos, influenciada por resíduos de algodão e torta de mamona. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 12, p. 1269-1274, 2012.

CHECHETTO, R. G.; SIQUEIRA, R.; GAMERO, C. A. Balanço energético para a produção de biodiesel pela cultura da mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Ciência Agrômica**, v. 41, n. 4, p. 546-553, out/dez, 2010.

CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. p. 89-120.

CONAB. 7º Levantamento de Avaliação da Safra de Grãos. Safra 2011. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: **Conab**, 2011.

CONAB. 12º Levantamento de Avaliação da Safra de Grãos. Safra 2013. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: **Conab**, 2013.

CONAB. Levantamento da safra de mamona: Conjuntura mensal. **Conab**, Período janeiro de 2014.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: Grãos. v.1 – Safra 2013/14, n. 12 – Décimo Segundo Levantamento, Brasília, **Conab**, p. 1-127, set. 2014.

COSTA, F. X.; SILVA, M. A.; SILVA JÚNIOR, E. M.; MELO FILHO, J. S.; SILVA, F. E. de A. Avaliação do crescimento da mamoneira sob efeito de casca de mamona e fertilizantes químicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, RN, v. 5, n. 4, p. 130-136, out/dez 2010.

EMBRAPA, Folder BRS Gabriela. Recomendações Técnicas. **Embrapa Algodão**, Campina Grande, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; SILVA, J. R. P. da. Adubação orgânica e mineral no desenvolvimento da mamoneira. **Revista Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhau, v. 6, n. 2, p. 358-368, mai/ago 2009.

FERREIRA, M. M. M. Eficiência comparativa da adubação orgânica no crescimento da mamoneira no semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, RN, v. 7, n. 1, p. 72-79, jan/mar 2012.

FORNAZIERI JÚNIOR, A. Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas. In: NETO, M. da S. A.; ARAÚJO, A. E. de.; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. p. 63-76.

FREIRE, C. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. de. Melhoramento Genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. O agronegócio da Mamona no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. p. 229-256.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. p. 63-76.

FREIRE, R. M. M.; SOUSA, R. de L.; SALDANHA, L.; MILANI, M. Avaliação da qualidade do óleo de mamona de diferentes genótipos. In: Congresso Brasileiro de Mamona: Cenário Atual e Perspectivas, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Embrapa Algodão, 2006.

GARRIDO, M. da S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MARQUES, T. R. R. Crescimento e absorção de nutrientes pelo algodoeiro e pela mamoneira adubados com gliricídia e esterco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 13, n. 5, p. 531-536, 2009.

GONÇALVES, A.; YAMASHITA, O. M.; PERES, W. M.; CARTAXO, W. V. Cultivares de mamona em função da adubação nitrogenada em cobertura. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 01, p. 89-100, jan/abr. 2013.

HOFFMAN, L. V.; DANTAS, A. C. A.; MEDEIROS, E. P. de.; SOARES, L. S. Ricina: um impasse para utilização da torta de mamona e suas aplicações. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2007. (**Documentos 174**).

LIMA, E. F. S.; SEVERINO, L. V.; SILVA, M. I. de L.; VALE, L. S. do. Crescimento inicial de mudas de mamoneira em substrato contendo lodo de esgoto e casca de amendoim. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. V.9, n.1/3, p. 887-891, jan/dez, 2005.

LIMA, R. de L. S. de.; SEVERINO, L. V.; SILVA, M. I. de L.; JERÔNIMO, J. F.; VALE, L. S. do.; BELTRÃO, N. E. de M. Substrato para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 30, n. 3, p. 474-479, mai/jun, 2006.

LIMA, R. de L. S. de.; SEVERINO, L. V.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; SAMPAIO, L. R. Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. **Revista Caatinga**. Mossoró, RN, v. 21, n. 5 (Número Especial), p. 102-106, dezembro de 2008a.

LIMA, R. de L. S. de.; SEVERINO, L. V.; FERREIRA, G. B.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. de O.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N. E. de M. Combinação de casca e torta de mamona como adubo orgânico para a mamoneira. In: Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Ricinoquímica, 3., 2008, Salvador. **Anais...** SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008b.

LIMA, R. de L. S. de.; SEVERINO, L. V.; SAMPAIO, L. R.; SOFIATTI, V.; GOMES, J. A.; BELTRÃO, N. E. de M. Blends of castor meal and castor husks for optimized use as organic fertilizer. **Industrial Crops and Products**. n. 33. p. 364-368, 2011.

LIMA, R. de L. S. de.; SEVERINO, L. V.; FERREIRA, G. B.; SOFIATTI, V.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Casca de mamona associada a quatro fontes de matéria orgânica para a produção de mudas de pinhão-manso. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 2, p. 232-237, mar/abr 2011.

MACARENCO, R.; KUWAHARA, M. Y. A produção do biodiesel: impactos na agricultura familiar mamona no semiárido brasileiro. **Revista Jovens Pesquisadores**. Ano: IV, n. 7, Jul./dez. 2007. p. 48-71, 2007.

MAFRA, A. P. da S.; MARTINS, K. C. R.; MARTINS, L. S. P.; COSTA, D. I. G.; SILVA, L. E. Estudo da extração de óleo vegetal da semente de mamona. **IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica**. Belém, PA. 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. In: COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M. Avaliação do solo submetido a adubação com lixo orgânico e torta de mamona com a fenologia da mamoneira. **Revista Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhau, v. 7, n. 4, p. 191-200, out. /dez. 2010.

MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramento de plantas oleaginosas**. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1983. p. 277-360.

MELO, F. de B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, P. H. S. da. Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Semiárido. Teresina, PI. Embrapa Meio-Norte, 2003. (**Documentos 74**).

MELO, F. de B.; ASSUNÇÃO, M. da C. A. Sistema de produção de mamona consorciada com feijão – caupi. **SEBRAE/PI - Série Agroenergia**, Teresina, v.1, p.40, 2007.

MILANI, M. Descritores de mamona utilizados pela Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 39 p. (**Documentos, 192**).

MILANI, M.; MIGUEL JÚNIOR, S. R.; SOUSA, R. de LIMA. Sub-espécies de mamona. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2009. (**Documentos 230**).

MOREIRA, J. A. N.; LIMA, E. F.; FARIAS, F. J. C.; AZEVÊDO, D. M. P. de. Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 1996. (**Documentos 44**).

MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986.

MOSHKIN, V. A. Flowering and pollination. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. P. 36-42.

NAGAOKA, A. K.; PINTO, A. de E. de A.; NETO, P. C.; FRAGA, A. C.; LOPES, A. Avaliação de características físicas de sementes de diferentes variedades de mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona: Cenário Atual e Perspectivas, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Embrapa Algodão, 2006.

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

NÓBREGA, M. B. de M.; ANDRADE, F. P. de; SANTOS, J. W. dos; LEITE, E. J. Germoplasma. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. p. 257-28.

OLIVEIRA, F. de A. de.; FILHO, A. F. de O.; MEDEIROS, J. F. de.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. de.; LINHARES, P. C. F. Desenvolvimento inicial da mamona sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 22, n. 1, p. 206-211, jan/mar, 2009.

PERDIGÃO, P. C. N.; COSTA, R. N. T.; MEDEIROS, A. T.; SILVA, L. A.; SANTOS, M. D. S. Efeitos de níveis de água e adubação potássica no desenvolvimento do cajueiro anão-precoce, BRS – 189. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.5, n.1, p. 90-94, jan.-mar., 2010.

PINOTTI, R. N.; AMARAL, J. G. C. do. Informações econômicas da mamona como biocombustível. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 10, n. 1, São Paulo-SP, jan-jun 2013.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. In: BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G. de.; SANTOS, J. W. dos.; JERÔNIMO, J. F.; COSTA, F. X.; LUCENA, A. M. A. de; QUEIROZ, U. C. de. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordestina na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande: Embrapa Algodão, v. 7, n. 1, p. 659-664. Jan-abr., 2003.

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

RODRIGUES, R. F. de O.; OLIVEIRA, F. de.; FONSECA, A. M. As folhas de palma Christi – *Ricinus communis* L. *Euphorbiaceae jussieu*. In: SOUZA, A. dos S. **Manejo cultural da mamoneira: época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares**. (Tese). Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza - Ceará, 2007.

SANTOS, R. F. dos.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise econômica. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. p. 19-35.

SAVY FILHO, A. Melhoramento da mamona. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Editora UFV. Viçosa – Minas Gerais. pp 385-407.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTÃO, N. E. de M.; LUCENA, A. M. A. de; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 5, n. 1, 2004.

SEVERINO, L. S. O que sabemos sobre a torta de mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31p. (**Documentos 134**).

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; SANTOS, J. W. dos. Fatores de conversão do peso de cachos e frutos para peso de sementes de mamona. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2005. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 56**).

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006.

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

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. de L. S. de.; BELTRÃO, N. E. de M. Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2006. (**Comunicado Técnico 278**).

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S. do.; MORAES, C. R. de A. Efeito da altitude sobre o crescimento e desenvolvimento de quatro genótipos de mamona. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2007. (**Comunicado Técnico 339**).

SEVERINO, L. S.; TAVARES, M. J. V.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do.; FERREIRA, G. B.; SOFIATTI, V. Toxidez causado pelo excesso de torta de mamona como fertilizante orgânico. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2007. (**Comunicado Técnico 341**).

SILVA, M. A. da.; SILVA, F. E. de A.; NUNES JÚNIOR, E. da S.; COSTA, F. X.; MELO FILHO, J. S. de. Cultivo de sequeiro da mamona adubada com casca de mamona e fertilizante nitrogenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 4, p. 375-379, 2012.

da SILVA, S. de D.; PRESOTTO, R. A.; MAROTA, H. B.; ZONTA, E. Uso de torta de mamona como fertilizante orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 42, n. 1, p. 19-27, jan./mar. 2012.

SILVA, F. de A. S. ASSISTAT Versão 7.7 beta. Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, DEAG-CTRN-UFCG DEAG.

SOUZA, A. dos S. **Manejo cultural da mamoneira: época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares**. (Tese). Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza - Ceará, 2007.

TAPANES, N. de la C.; ARANDA, D. A G.; PEREZ, R. S.; CRUZ, Y. R. Biodiesel no Brasil: matérias primas e tecnologias de produção. **ACTA SCIENTIAE & TECHNICAE**, v. 1, n. 1, Fev. 2013.

TAVORA, F. J. A. F. A cultura da mamona. In: LUZ, R. P. **Caracterização morfofisiológica, molecular e agrônômica de cultivares de mamona**. (Dissertação). Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras – Minas Gerais, 2012.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publication in Climatology**, Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n. 1. 1955.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. UFV/CFSEMG, 1999. 359p.

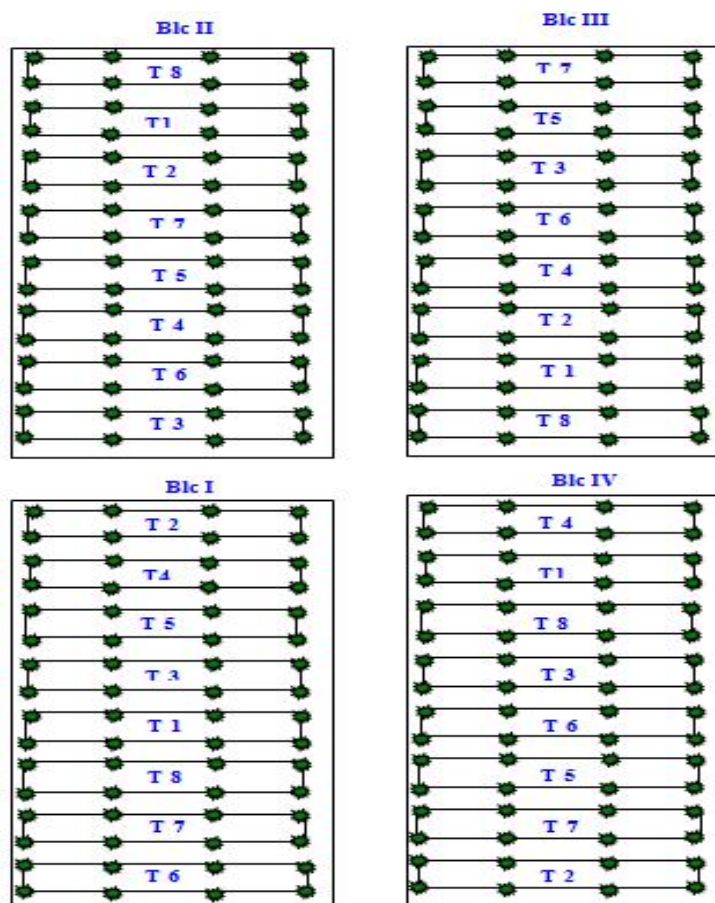
VÉRAS, G.; BRITO, A. L. B. de.; da SILVA, A. C.; da SILVA, P.; COSTA, G. B. da.; FÉLIX, L. C. N. Classificação de biodiesel na região do visível. **Revista Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 315-318, 2012.

WEISS, E. A. CASTOR. In: WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. p. 31-99.



**APENDICES**

**Figura 1.** Croquis da área experimental, Teresina – PI.



**Figura 2.** Fontes de matéria orgânica originária dos substratos: Torta de mamona (A); Casca de mamona (B); Esterco caprino (C), Teresina – PI, 2014.



**Figura 3.** Substratos orgânicos utilizados no experimento: Torta de Mamona - TM (A); Casca de Mamona Natural - CMN (B); Casca de Mamona Moída – CMM (C); Casca de Mamona Natural + Torta de Mamona – CMN+TM (D); Casca de Mamona Moída + Torta de Mamona – CMM+TM (E); Esterco Caprino - EC (F), Teresina – PI, 2014.



**Figura 4.** Adubação: Pesagem dos adubos minerais (A); Aplicação de P e K em fundação (B); Aplicação de N em cobertura (C), Teresina – PI, 2014.



**Figura 5.** Abertura das covas: Broca perfuratriz marcada na altura de 40 cm (A); Detalhe da cova com diâmetro de 30,48 cm (B); Visão geral das covas abertas (C), Teresina – PI, 2014.



**Figura 6.** Semeadura manual do experimento, Teresina – PI, 2014.



**Figura 7.** Cultivar “BRS Gabriela” apresentando o racemo principal com formato globoso (A); Sementes de coloração rajada (B), Teresina – PI, 2014.



**Figura 8.** Operação de desbaste (A); Realização da prática de “amontoa” para evitar tombamento das plantas (B), Teresina – PI, 2014.



**Figura 9.** Controle de ervas daninha: Capina manual com enxada (A); Roço com auxílio de mini-roçadeira motorizada (B), Teresina – PI, 2014.



**Figura 10.** Sistema de irrigação da área experimental. Teresina – PI, 2014.



**Figura 12.** Racemo primário envolvido por “redinha”, Teresina – PI, 2014.



**Figura 13.** Coleta do racemo primário (A); Acondicionamento em sacos de papel (B), Teresina – PI, 2014.



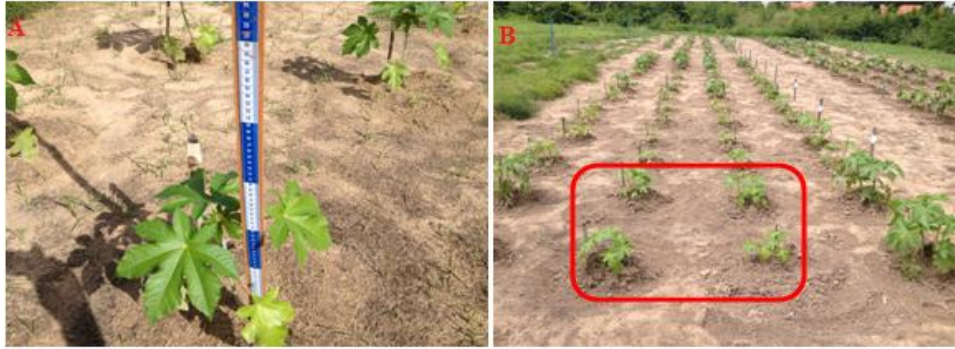
**Figura 14.** Coleta final das parcelas experimentais, Teresina – PI, 2014.



**Figura 15.** Secagem dos racemos ao sol, Teresina – PI, 2014.



**Figura 16.** Medida de comprimento do caule (A); Área útil da parcela (B), Teresina – PI, 2014.



**Figura 17.** Medida de diâmetro do caule com auxílio de paquímetro, Teresina – PI, 2014.

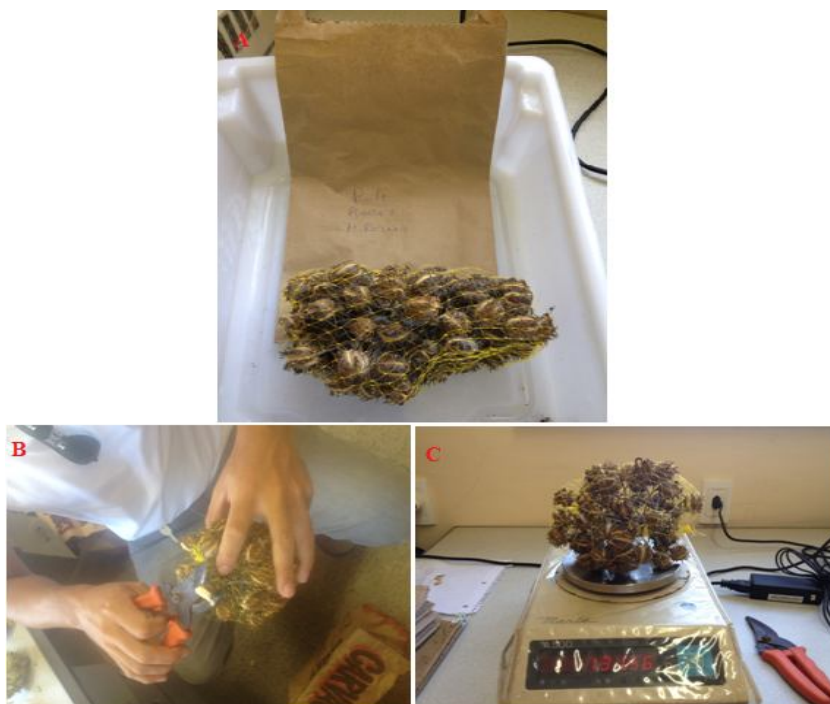


**Figura 18.** Medida de altura de planta determinada ao final do ciclo da cultura, Teresina – PI, 2014.





**Figura 19.** Determinação peso médio racemo primário e terciário: Acondicionamento em sacos de papel (A); padronização da parte útil do racemo (B); Pesagem do racemo (C), Teresina – PI, 2014.



**Figura 20.** Frutos separados do racemo para contagem, Teresina – PI, 2014.



**Figura 21.** Medidas das bagas com paquímetro digital (A); Medida de comprimento (B); Medida de largura (C); Medida de espessura (D), Teresina – PI, 2014.

